

Ida Uotila

Vakuumpakkauskoneiden laadunvalvonnan kehittäminen kahvin tuotevaihtojen osalta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

28.5.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Ida Uotila Vakuumpakkauslaitteiden laadunvalvonnan kehittäminen kahvin tuotevaihtojen osalta 41 sivua + 1 liite 28.5.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	Quality Assurance Manager Pirita Kaunisto Lehtori Pia-Tuulia Laine
<p>Työn toimeksiantajana oli Oy Gustav Paulig Ab ja työ toteutettiin Vuosaaren paahtimolle. Kahvin laatua tarkkailee K1–K4-vakuumpakkauslinjoilla laadunvarmistaja ja pakkausko- neen operaattori tarkkailee kahvipaketin laatua. Tuotantotiloissa ei ole mahdollisuutta tar- kastaa kahvin ominaisuuksia, joten tuotevaihdossa kahvia ajetaan hukkakahviksi noin 10– 20 kg. Tässä insinöörityössä pyrittiin kehittämään kahvin vakuumpakkauslaitteilla K1–K4 operaattorin tekemää laadunvalvontaa kahvin tuotevaihdossa. Tavoitteena oli selvittää K1-K4-vakuumpakkauslaitteilla suoritettavista tuotevaihdosta, onko lopputuotteen paaht- toväri tavoitearvojen sisällä, ennen kuin laadunvarmistaja saa aloituksesta näytteen. Laa- dunvalvontaa haluttiin kehittää laaduntarkastuspisteen avulla, jossa pakkauslaitteen ope- raattori voisi tarkastaa tuotteen jo pakkaushallin puolella.</p> <p>23 tuotevaihdosta kerättiin kahvinäytteitä paahtoväriin mittauksiin. Näytteitä kerättiin niin kauan, kunnes laadunvarmistajat hyväksyivät tuotevaihdosta aloituspaketit. Aloituspaketin hyväksymisen jälkeen pakkaaminen saadaan aloittaa linjalla. Kahvinäytteistä mitattiin vä- rimittarilla paahtoväriä. Mittausten perusteella saatiin lopputuotteiden paahtoväriin tavoite- arvoihin vertailemalla selville, milloin kahvi oli paahtoväriin puolesta vaihtunut. Paahtovä- ristä järjestettiin aistinvarainen kolmitesti, johon osallistui kahvitalon henkilökuntaa (n = 39). Kolmitestillä haluttiin selvittää, onko 0,5 asteen ero kahvin paahtoväriä tilastollisesti merkittävä ($p < 0,05$).</p> <p>Tuotevaihdosta kerätyistä näytteistä havaittiin, että kahvit olivat paahtoväriin puolesta vaihtu- neet uudeksi tuotteeksi, ennen kuin laadunvarmistaja sai tuotevaihdosta aloituspaketit laadunvarmistukseen. Seurattujen tuotevaihtojen pohjalta tulikin tulokseen, ettei väriin mit- taaminen yksistään riitä tuotevaihdossa, vaan kahvin ulkonäköä tulee analysoida. Kolmi- testin perusteella havaittiin että 0,5 asteen ero paahtoväriä on olemassa riskitasolla $\alpha =$ 0,05. Pakkaushalliin kerättiin 0,5 paahtoasteen välein näytteitä laaduntarkastuspisteelle. Näytteiden avulla tuotevaihdossa vaihtuvien kahvien väriä voidaan arvioida visuaalisesti.</p> <p>Laaduntarkastuspisteen avulla pakkauslaitteiden operaattoreita voidaan harjaannuttaa kahvin väriin visuaaliseen arviointiin. Pakkauslaitteiden operattoreiden linjalla tekemää laa- dunvalvontaan voidaan lisätä asteittain.</p>	
Avainsanat	Laadunvalvonta, kahvi, tuotevaihto, paahtoväri

Author Title Number of Pages Date	Ida Uotila Development of the quality control of vacuum packaging machines with respect to product change 41 pages + 1 appendice 28 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Biotechnology and Food Engineering
Instructors	Pirita Kaunisto, Quality Assurance Manager Pia-Tuulia Laine, Senior Lecturer
<p>This thesis was commissioned by Oy Gustav Paulig Ab at the Vuosaari roastery. In the K1–K4 vacuum packaging lines the quality of coffee is monitored by the quality assurance and to packaging operator monitors the quality of the coffee pack. Production facilities do not have the possibility to check properties of the coffee, thus in the product change about 10 to 20 kg of coffee is run as waste coffee. The purpose of this thesis was to develop the quality control in the product change made by the operator of the vacuum packaging machines K1–K4. The aim was to determine from the product changes in the vacuum packaging machines K1–K4 whether the end product's roast color is within the target values before the quality assurance receives a sample from the starts. Quality control was to be developed by means of a quality control point where the operator could inspect the product in the packaging hall.</p> <p>Coffee samples were collected to roast color measurements from 23 product changes. Samples were collected for as long as quality assurance accepted the start packages of the product. After the start pack is accepted, packing can be started on the line. The coffee samples were measured with a colorimeter. On the basis of measurements and the target values of the coffee, it was possible to find when the coffee had changed regarding the roast color. A sensory triangle test from a roast color was arranged, involving coffee house staff ($n = 39$). The triangle test was to determine whether the 0.5 degree difference in the roast color of coffee was statistically significant ($p < 0.05$).</p> <p>Samples collected from the product changes indicated that the coffee had been replaced by a new product before the quality assurance received the start packages. It was concluded from following product changes that measuring the color alone is not enough when doing the product changes, but the appearance of the coffee should be analyzed. The triangle test showed that the 0.5 degree difference in the roast color exists at the risk level $\alpha = 0.05$. Coffee samples at every 0.5 degree difference of roast color were collected at the quality control point. Samples can be used to evaluate visually the color in the product change.</p> <p>A quality checkpoint enables operators of packing machines to be trained in the visual evaluation of coffee roast color. The quality control made by operators at the packaging machines can be gradually increased.</p>	
Keywords	quality control, coffee, product change, roast color

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kahvin prosessointi	2
2.1	Kahvisekoitukset	3
2.2	Paahto	4
2.2.1	Paahtoprosessi	4
2.2.2	Fysikaaliset muutokset	7
2.2.3	Paahtoväri	8
2.3	Papujen jauhaminen	10
2.4	Pakkaaminen	12
3	Tuotevaihto vakuumpakkauskoneella	14
3.1	Kahvin tuotevaihto	14
3.2	Laadunvalvonta tuotevaihdossa	16
4	Materiaalit ja menetelmät	18
4.1	Operaattorien haastattelut	18
4.2	Tuotevaihtojen seuraaminen kahvin pakkauslinjalla	19
4.3	Mittausmenetelmät	21
4.3.1	Paahtovärin mittaaminen	21
4.3.2	Jauhatuksen mittaaminen	22
4.4	Kahvin värin erotustesti	23
4.4.1	Kolmitesti	23
4.4.2	Tuotevaihdon näytteiden laadun arviointi	24
5	Tulokset ja tulosten tarkastelu	26
5.1	Yhteenveto haastatteluista	26
5.2	Operaattorien toimintatavat tuotevaihtoja suoritettaessa	27
5.3	Paahtovärin vaihtuminen tuotevaihdossa	29
5.4	Värin erotustesti	32
5.5	Jauhatuksen ja värin vaihtumisen vertaaminen	33
5.6	Laaduntarkastuspiste tuotantotilassa	34
5.7	Video-ohjeet laadunvalvonnan tueksi	37
5.8	Virhelähteet	37

6	Päätelmät	38
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Operaattoreiden kysymykset	

1 Johdanto

Oy Gustav Paulig Ab:n Vuosaaren paahtimon neljällä isolla vakuumpakkauskoneella K1–K4 pakataan yhteensä 40:tä erilaista tuotetta. Tuotteista erilaisia tekee niiden kahvisekoitus, paahtoaste sekä jauhatusaste. Juhla Mokka on esimerkiksi kahvisekoitus, eli se koostuu useamman alkuperämaan kahvipavuista. Vakuumpakkauskoneilla pakataan niin tumma-, kuin vaaleapaahtoisia kahveja sekä jauhatukseltaan hyvin erilaisia kahveja. Näillä pakkauskoneilla pakataan 400–500 gramman vacpac-tyhjiöpakkauksia, joissa esimerkiksi suurin osa Juhla Mokka- ja Presidentti-kahveista myydään. Isoilla vakuumpakkauskoneilla työskennellään pääasiassa kolmessa vuorossa, joten niillä pakataan määrällisesti paljon kahvia. Oy Gustav Paulig Ab:n Vuosaaren sekä Tverin paahtimoilta toimitetaan vuosittain yli 100 miljoonaa kahvipakettia tukkuihin sekä vähittäiskauppoihin. [1.]

Lopputuotteiden valmistamiseen tarvitaan henkilöstön työpanos, materiaaleja, aikaa ja energiaa sekä valmistamiseen käytetään tuotantolaitoksen kapasiteettia. Tuotteiden varastoiminen vie tilaa ja sitoo paljon pääomaa. Varastointikustannuksia voidaan pienentää esimerkiksi kysynnän ennustamisella sekä tuotteiden valmistamisella tilauksesta. [2.] Tuotannossa tuotevaihtoilla voidaan vastata näihin tarpeisiin ja ylläpitää varaston kiertoa. Tuotevaihtojen tapahtuminen aikataulussa sekä onnistuminen on tärkeää, sillä tuotteiden on liikuttava kysynnän mukaan. Osa tilauksista lähtee tehtaalta heti valmistuttuaan.

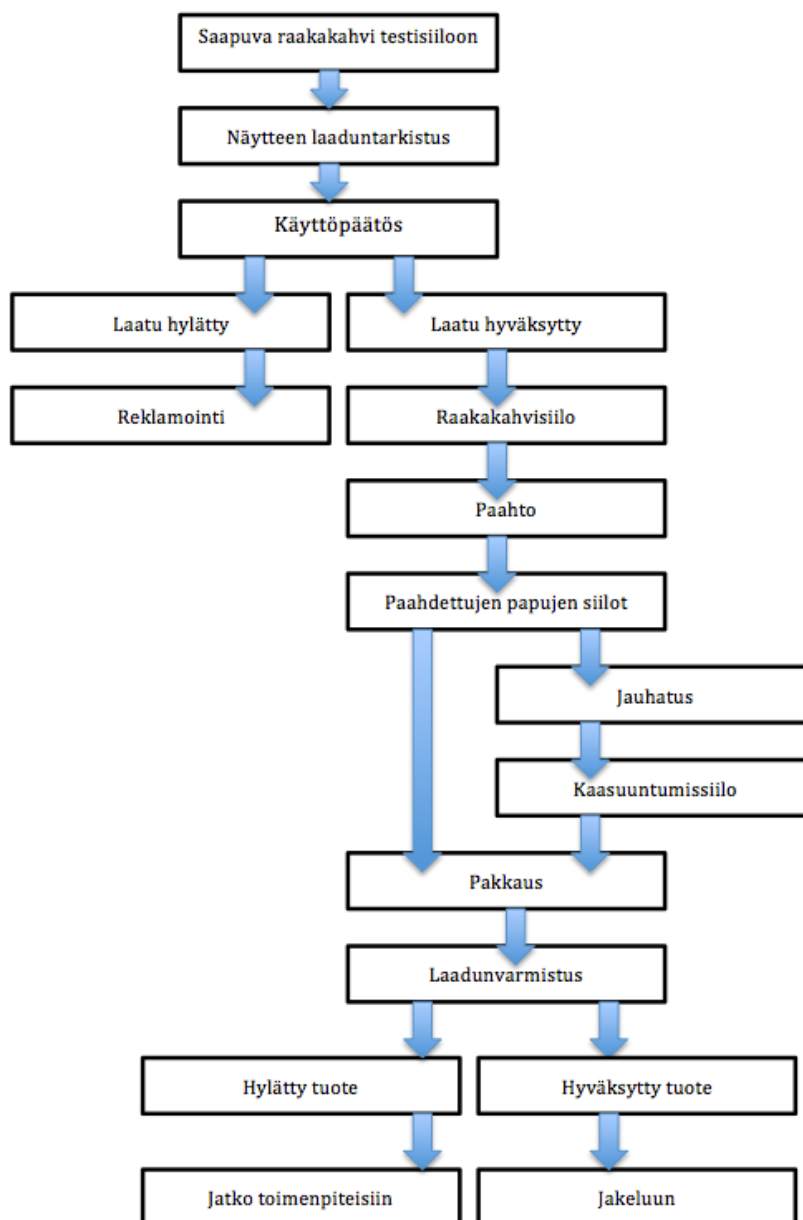
Tässä insinööriyössä kehitettiin Oy Gustav Paulig Ab:n vakuumpakkauskoneiden K1, K2, K3 sekä K4 laadunvalvontaa kahvin tuotevaihtojen osalta. Pakkauskoneet K1-K3 ovat samanlaisia ja K4 eroaa toiminnaltaan hieman näistä. Tuotevaihtoissa pakkauskone ajetaan tyhjäksi kahvista ja pakkauskoneen operaattori tilaa seuraavan kahvilaadun pakkauskoneelle keskusvalvomosta, jolloin kahvi kulkeutuu kaasuuntumissiilosta pakkauskoneen säiliöön. Kahvilaadun vaihtuessa koneelle voi jäädä pieniä määriä edellistä tuotetta. Kahvin vaihtuessa uuden tuotteen oikeellisuus tarkastetaan laadunvarmistuslaboratoriossa, jossa laadunvarmistaja tarkistaa tuotteen paahtoväriin, kosteuden, jauhatuksen sekä aistinvaraiset ominaisuudet. Pakkauskoneella operaattori ei ole voinut tarkastaa tuotteen oikeellisuutta, joten pakkauskoneen operaattori ajaa tuotevaihdossa

ensimmäiset paketit hukkakahviksi. Tämän jälkeen tuotevaihdon kaksi ensimmäistä pakettia eli aloituspaketit viedään laadunvarmistajalle tarkastettavaksi. Hukkakahviksi ajetaan ohjeistuksen mukaisesti noin 10–20 kg, riippuen ajettavista tuotteista. Kahveilla joiden välillä on suurta kontrastiero, eli tumma- ja vaaleapaahtoisten kahvien tuotevaihdossa, ajetaan pakkauskoneelta pois noin 20 kg. Esimerkiksi siirryttäessä vaaleapaahtoislta vaaleapaahtoislle, ajetaan hukkakahviksi noin 10 kg. Pakattavan kahvin vaihtuessa myös pakkausmateriaali, pakkauskoneen säädöt, pakkauksen saumaustlämpötilat sekä päiväysmerkinnät voivat muuttua. Operaattorin tehtävä on huolehtia edellä mainituista tuotevaihtoista suoritettaessa.

Insinööriyön tavoitteena oli kehittää tuotevaihdossa operaattoreiden tekemää laadunvalvontaa. Laadunvalvontaa haluttiin kehittää luomalla operaattoreille pakkauskoneiden yhteyteen laaduntarkastuspiste, jossa operaattori voi tarkastaa tuotteen paahtoväriä sekä jauhatuksen. Työssä haluttiin selvittää, kuinka paljon tuotevaihdon yhteydessä syntyy hukkakahvia todellisuudessa. Onko hukkakahvin määrä vakio vai tapauskohtaista, sekä mitkä tekijät vaikuttavat syntyvään hukkakahviin? Työ on rajattu Oy Gustav Paulig Ab:n isojen vakuumpakkauskoneiden eli K1–K4 tuotevaihtoihin, ja sitä voidaan mahdollisesti soveltaa myöhemmin myös muilla pakkauslinjoilla.

2 Kahvin prosessointi

Oy Gustav Paulig Ab ostaa 0,7 % maailman vuotuisesta kahvituotannosta, joka tekee reilut 60 miljoonaa kiloa raakakahvia [1]. Kahvi saapuu tehtaalle raakakahvina meriteitse. Tässä osiossa käydään läpi kahvin prosessoinnin vaiheita Vuosaaren tehtaalla. Kuvassa 1 on kuvattu prosessin vaiheita pääpiirteittäin.



Kuva 1. Kahvin prosessoinnin vaiheet Vuosaaren paahtimolla.

2.1 Kahvisekoitukset

Kahvia viljellään 50–60 maassa. Pauligille raakakahvia tulee muun muassa Brasiliasta ja Kolumbiasta, yhteensä näistä tulee noin 70–80 % Pauligin kahveista. Kaiken kaikkiaan kahvia ostetaan yhteensä 10–15 maasta. [1.]

Kun kahvi saapuu tehtaalte, se vastaanotetaan ja sijoitetaan testisiiloon laaduntarkistuksen ajaksi. Ennen tuotantoon hyväksymistä jokaisen raakakahvierän laatu tarkistetaan ja jokainen kahvitoimitus testataan maistamalla. Kun raakakahvin laatu on tarkastettu ja erä on hyväksytty, pavut laatuokitellaan ja siilotetaan paahtoa varten. Hyväksytty erä siirtyy paahtimon lähes kokonaan suljettuun prosessiin, jonka aikana laaduntarkastusta tehdään tiheään tahtiin sekä fysikaalisesti että aistinvaraisesti. [3.]

Kaupoissa myytävät kahvit ovat yleensä kahviblendejä eli kahvisekoituksia. Sekoituksissa voidaan käyttää eri alkuperämaiden papuja. Kahvin blendausta on tehty yhtä kauan kuin kahvia, tekniikat tosin vaihtelevat. Sekoittamalla eri kahveja halutaan optimoida sen aistinvaraiset ominaisuudet. Sekoittamalla kahvia eri alkuperistä saavutetaan yhtenäinen laatu vuodesta toiseen, mikä ei ole aina mahdollista yhdestä alkuperästä olevan kahvin kanssa. Sekoittaminen mahdollistaa myös selviytymisen äkillisestä papujen pulasta, jos alkuperässä on esimerkiksi ilmastollisista ongelmia tai kasvisairauksia. [4, s. 24.] Kahviblendien etuna on se, että vaikka sää, satokaudet ja lajikkeiden saatavuus vaihtelevat, voidaan kunkin kahviblendin ominainen maku turvata [3].

Sekoitus voidaan valmistaa, joko yhteispaahtona tai erillispaahtona. Yhteispaahtossa raakakahvipavuista tehdään sekoitus ennen paahtamista, kun taas erillispaahtossa jokainen raakakahvierä paahtetaan erikseen ja sekoitetaan vasta paahton jälkeen. [3.] Suuret kahviyritykset usein sekoittavat raakakahvin ennen paahtoa [4, s. 24].

Vuosaaren paahtimolla raakakahvilaaduista valmistetaan reseptin mukainen seos. Kaikilla yrityksen kahvisekoituksilla on oma reseptinsä. Kahvisekoituksiin saatetaan käyttää jopa 15:tä eri kahvilaatua, sillä eri alkuperämaiden pavuilla on tietyt makuvivahteensa, joten sekoittamalla näitä keskenään saadaan erilaisia yhdistelmiä. Sekoitussuhteita voidaan muuttaa makuvivahteiltaan erilaisten kahvierien mukaan, jotta myytävä tuote olisi aina samanlainen ja tasalaatuinen. [3.]

2.2 Paahto

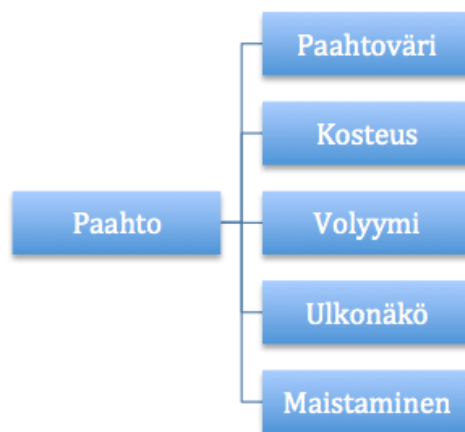
2.2.1 Paahtoprosessi

Raakakahvin aromi on hyvin heikko, ja paahtamalla saadaan esille tyypillinen kahvin aromi. Papujen lämpötila nostetaan tyypillisesti kuumen pinnan tai kaasun avulla, jolloin

saadaan aikaan monimutkaisia kemiallisia ja fysikaalisia muutoksia. Teknisesti paahto-prosessi on monimutkainen, siinä useat parametrit ja prosessi vaikuttavat toisiinsa. [5, s. 90.]

Raakakahvia voidaan paahtaa esimerkiksi paahtomaljassa kuumalla ilmvirralla yleensä 5-8 minuuttia, tällä halutaan saada pavun lämpötila 180–240 °C:seen [6]. Paahtettaessa lämpöenergia siirtyy virtaavan kuumen kaasun avulla vihreän pavun pinnalle, joko säteilyllä, konvektiolla tai kontaktilla riippuen paahtimen tyypistä. Paahtoprosessissa pyritään luomaan oikea lämpötila oikealla hetkellä ja pysäyttämään prosessi, kun aromi on kokonaan kehittynyt ja koko pavun väri on tasainen. Kahvin paahto-aika riippuu halutusta paahtoasteesta, joka luokitellaan paahtovärin mukaan. [7, s. 179.]

Kuvan 2 mukaisia laaduntarkastustoimenpiteitä suoritetaan paahtoprosessin aikana. Vuosaaressa paahtetuista pavuista mitataan väriä, volyymia ja kosteutta ja näiden mitausten perusteella ohjataan paahtoprosessia. Näiden ohella on arvioitava myös aistinvaraisia ominaisuuksia, papujen ulkonäkö tarkistetaan ja paahtetut pavut maistetaan. Papujen ulkonäöstä tarkkaillaan niiden kirjavuutta, paahtettujen papujen tulisi olla mahdollisimman saman värisiä.



Kuva 2. Laaduntarkastus paahtoprosessissa

Kun haluttu paahtoaste saavutetaan, papujen paahtuminen pysäytetään. Paahtomaljaan suihkutetaan kylmää vettä sumuna ja näin saadaan papujen lämpötila laskuun. [7, s. 181–182.] Haihtuessaan vesi muuttuu höyryksi ja poistaa pavuista lämpöä [8, s. 55]. Tämän jälkeen papuja jäähdytetään tehokkaasti ilmalla jäähdytysmaljassa, jotta papujen paahtuminen ei enää jatkuisi [9]. Pauligilla jäähdyttäminen tapahtuu ulkoilman avulla.

Jäähdyttämisen tulee tapahtua nopeasti, jotta voidaan lopettaa muutokset värissä, maussa ja tilavuudessa. Paahton aikana papujen tiheys laskee lähes puoleen alkupe-
räisestä arvostaan. [7, s. 181–182.]

Jotta saavutetaan mahdollisimman tasainen paahtoprofiili, paahtoprosessin tulee olla tarkasti kontrolloitu. Tähdätään pieniin lämpötila vaihteluihin pavun sisällä, sillä nopea paahtaminen saa aikaan haihtumis- ja paahtovaiheiden päällekkäisyyttä ja epäho-
mogeneeseen paahtoprofiiliin. Papujen sisäisen paineen nousu on tärkeää riittävän aro-
min tuottamiseksi. Paahtamisessa on oltava lämmityskaasun lämpötilan säätö, jolla mahdollistetaan lämpötilan profiilit sekä riittävän paineen syntyminen papujen sisälle. [7, s. 181, 184.]

Paahtoprosessi voidaan jakaa viiteen vaiheeseen: kuivuminen, kellastuminen, ensim-
mäinen halkeaminen, paahtoväriin kehittyminen sekä toinen halkeaminen. Ennen paahtumista suurimman osan kosteudesta tulee haihtua. Raakakahvi sisältää 10–12 % vettä. Raakakahvin kuivuttua pavun paahtoväri voi kehittyä. Kuivumisprosessi vaatii korkean lämmön. Kun suurin osa vedestä on haihtunut pavusta, sen väri alkaa muuttua vihreästä keltaiseksi ja koko alkaa laajentua. Pavuista irtoaa ohut kuorimainen kerros, joka erotetaan niistä ilmavirran avulla. Jos papuja ei esilämmitetä ja kuivata riittävästi, ne eivät paahtu tasaisesti. Tällöin papujen ulkopinnalle kehittyy paahtoväri, mutta ne ovat sisältä epäkypsiä ja tämä vaikuttaa kahvin makuun negatiivisesti. [8, s. 52.]



Kuva 3. Pavun paahtamisen tärkeimmät näkökulmat [7, s. 180, muokattu].

Kun papu alkaa saada ruskeaa väriä, sen sisälle on muodostunut kaasuja sekä vesihöyryä. Kun paine pavun sisällä kasvaa riittävästi, se halkeaa ensimmäisen kerran ja samalla kuuluu poksumista. Ensimmäisen halkeamisvaiheen jälkeen paahtoväri jatkaa kehittymistään. Paahtaminen voidaan lopettaa tai sitä voidaan vielä jatkaa riippuen halutusta paahtoasteesta ja mausta. Paahton jatkamisella voidaan määrittää lopputuotteen haluttu happamuuden ja karvauten tasapaino. Pavun hapot hajoavat paahtossa nopeasti, mutta karvas maku kehittyy vielä paahton jatkuessa. Jatkettaessa pavun paahtamista siinä tapahtuu toinen halkeaminen, jossa pavun öljyt nousevat sen pintaan. Suurin osa pavun happamuudesta on kadonnut ja siihen on kehittynyt ”paahtunut” maku. [8, s. 52.] Papuja voidaan paahtaa täysin tummiksi, jolloin niiden sisältämät sokerit ovat karamellisoituneet ja maku muuttuu hiilimäiseksi ja tuhkaiseksi [10, s. 59]. Paahtetut pavut voidaan pakata papuina tai ne voidaan sijoittaa paahtetunkahvinsiiloihin, joista ne voidaan jauhaa kaasuuntumissiiloihin.

2.2.2 Fysikaaliset muutokset

Paahdettaessa vihreää ja kovaa raakakahvia siitä tulee ruskeaa ja haurasta. Pavun sisäinen rakenne on heterogeeninen. Lämmön vaikutuksesta sen tilavuus kasvaa ja sisäinen rakenne muuttuu. [7, s. 179.] Paahtetun pavun kemiallinen rakenne määräytyy pääosin

paahdossa, jossa myös aromit ja maut kehittyvät [10, s. 42]. Paahtaminen tapahtuu korkeassa lämpötilassa ja lisää huomattavasti kahvin kemiallista monimutkaisuutta, sillä paahtamisen aikana tapahtuu useita kemiallisia reaktioita [9, s. 59].

Kun pavussa saavutetaan kosteuden haihtumislämpötila, haihtuva kosteus jää sen sisälle seinämien ollessa vielä suhteellisen kovat. Syntynyt höyry ei pääse läpäisemään seinämiä ja paine pavun sisällä kasvaa. Paineen kasvaessa niiden tilavuus eli volyymi kasvaa. Paahtoreaktiot, eli ruskistus ja makuaineiden muodostuminen alkavat korkeissa lämpötiloissa, yli 160 °C:ssa. Kaasumaiset reaktiotuotteet, pääasiassa hiilidioksidi, tuotetaan ja suljetaan solurakenteeseen. Sisäisen paineen lisääntyessä kaasumaiset reaktiotuotteet läpäisevät jo osittain korkeassa lämpötilassa heikentyneet seinämät. [7, s. 180–181.]

Paahtamisen aikana vapautuu vesihöyryä sekä raakakahvin kosteudesta ja reaktioista syntyvää vettä. Samalla vapautuu hiilidioksidia, hiilimonoksidia ja muita orgaanisia haihtuvia yhdisteitä. Maillard-reaktiosta syntyy vettä, hiilidioksidia ja suurin osa haihtuvista orgaanisista yhdisteistä. Paahtaminen lisää kahvin haihtuvien aineiden määrää. Raakakahvi sisältää noin 300 haihtuvaa ainetta, kun taas paahdetusta kahvista haihtuvia aineita on tunnistettu yli 850. [7, s. 192, 198.]

Raakakahvi sisältää yksinkertaisia sokereita eli monosakkarideja. Sokerit ovat melko reaktiivisia paahtolämpötiloissa. Osa pavun sokereista karamellisoituu paahton aikana ja osa reagoi proteiinien kanssa, tätä kutsutaan Maillardin reaktioksi. Monosakkaridit ovat mukana useissa reaktioissa, ja tuloksena syntyy suuria määriä aromaattisia yhdisteitä. Paahton aikana tapahtuvan ensimmäisen halkeamisen jälkeen pavuissa on enää pieniä määriä monosakkarideja. [8, s. 55.]

2.2.3 Paahtoväri

Melanoidit ovat ruskeita pigmenttejä, joita kehittyy elintarvikkeiden lämpökäsittelyn aikana, muun muassa Maillardin reaktiolla. Pohjimmiltaan melanoidit muodostuvat vuorovai-
kutuksesta hiilihydraattien ja yhdisteiden välillä, joilla on vapaa aminoryhmä, kuten aminohapot tai peptidit. [7, s. 204.] Paahdetun kahvin pigmentti saadaan aikaan sakkaroosin karamelisaatiosta sekä kondensaatioreaktioista aminoryhmien ja pelkistävien sokereiden välillä. Kuvassa 4 on paahtoväriin muutos paahton aikana. Sakkaroosia raakakahvissa on 5–10 %. Ruskistusreaktiossa reaktiiviset esiasteet voivat olla joko vapaina amino-

happoina ja sokereina tai sidottuna proteiineihin ja polysakkarideihin, jolloin funktionaaliset ryhmät ovat yhä käytettävissä reaktioihin. Tuloksena olevat pigmentit voivat sen jälkeen pysyä liittyneinä suurimolekyyllipainoisiin komponentteihin, jolloin saadaan hyvin monimutkaisia värillisiä yhdisteitä. [4, s. 144.]



Kuva 4. Paahtoväriin muutos [11]

Eri kahvitalojen kahvipaketeista usein löytää jonkinlaisen paahtomittarin (Kuva 5), jolla kahvin paahtoastetta pyritään kuvaamaan. Näillä yksinkertaistetuilla mittareilla pyritään kertomaan kuluttajalle kahvin paahtoaste. Todellisuudessa erilaisia paahtoyhdistelmiä on tusinoittain. [10, s. 62.]



Kuva 5. Pauligin kahvien paahtoasteet on pyritty hahmottamaan oheisen viisiasteisen paahtomittarin avulla [6].

Paahtamisen tavat on usein lajiteltu värin mukaan (Taulukko 1), mutta pavun lajilla on suuri merkitys määriteltäessä, minkä värin papu saa paahdossa. Esimerkiksi kuivakäsittelyt pavut eivät saa paahdossa yhtä tiettyä väriä, jolloin paahdon visuaalinen arviointi on hankalaa. [10, s. 62.]

Taulukko 1. Paahdon luokittelu [10, s. 63, muokattu]

Paahtoväri	Pavun ulkomuoto	Makuprofiili
Vaalea paahto	Kuiva	Paahdetut maut eivät ole vielä kehittyneet
Vaalea keskipaahto	Kuiva	Sokerit alkavat karamellisoitua
Keskipaahto	Kuiva / öljylaikkuja	Karamellisoitunut
Tumma keskipaahto	Alkaa kiiltää	Pavun toinen halkeaminen. Paahtunut maku
Tumma paahto	Kiiltävä	Paahtamisen synnyttämät maut hallitsevat ja hapokkuus on vähentynyt huomattavasti

Visuaalinen värien järjestäminen voidaan tehdä värisävyn, kyllästyksen sekä vaaleuden mukaan. Värin arvioiminen visuaalisesti on subjektiivista sekä likimääräistä. Värin mittaaminen värimittarilla antaa objektiivisen ja tarkan tuloksen, joka korreloi ihmissilmän havainnoinnin kanssa. [12.]

Näytteet, jotka ovat täsmälleen samanlaisia, mutta joilla on erilaiset pintarakenteet, näyttävät erilaisilta. Valon heijastamisen näkökulman kannalta karheassa pinnassa pigmentin heijastus hajaantuu sekä peilimäinen valon siroaminen lisääntyy, jolloin koettava väri näyttää vaaleammalta ja vähemmän kylläiseltä. [12.] Jauhatusaste vaikuttaa mitattuun ja arvioitavaan väriin [13, s. 16]. Mitä karheampaa pinta on, sitä suurempi sen peilimäinen heijastus on [12].

2.3 Papujen jauhaminen

Oy Gustav Paulig Ab:lla Vuosaaren tehtaalla pavut jauhetaan valssimyllyillä, joita ohjataan myllysalin viereisestä keskusvalvomosta. Automaatiojärjestelmä punnitsee haluttua paahdettua komponenttia myllyn päälle ja pyörivä valssipari jauhaa pavut (Kuva 6). Ensiksi pavut murskataan esimurskaavilla valsseilla ja sitten hienomurskaava valssipari hienontaa kahvin.



Kuva 6. Myllyn valssipari [7, s. 219]

Jauhatusta voidaan analysoida jauhamisen aikana. Jauhatusnäyte saadaan suoraan myllystä näytteenottokauhalla ja näyte voidaan analysoida heti. Jauhetusta kahvista myllyn operaattori mittaa partikkelijakaumaa sekä volyymiä, ja tulosten perusteella myllyn valssipareja, puristuksen voimakkuutta sekä kahvin syöttöä myllylle voidaan säätää.

Jokaisesta myllystä kahvi kulkeutuu kunkin pakkauskoneen omaan kaasuuntumissiiloryhmään odottamaan kaasuuntumisaikansa täyttymistä. Paahdettu kahvi sisältää hiilidioksidia ja hiilimonoksidia, jotka vapautuvat kaasuuntumissiilossa. Riittävän paljon kaasusta tulee olla vapautunut, ennen kuin kahvi voidaan pakata vakuumiin. Eri kahveilla on eri kaasuuntumisaikansa, ja näiden täyttymistä seurataan keskusvalvomosta. Kaasuuntumisen aikana kahvin mikroskooppisen pienistä huokosista purkautuu kaasua, joka aiheuttaisi painetta tyhjiöpakkaukseen, joten kahvin on annettava tasaantua ennen kuin se voidaan pakata vakuumiin [14, s. 55]. Kaasuuntumissiilossa kahvi täyttää siilon ilmakkahän vapauttamillaan kaasuilla, näin se ei ole tekemisissä hapen kanssa.

Karkeasti ajatellen, jos kokonaisia paahdettuja kahvipapuja yritetään uuttaa, saadaan niistä irtoamaan veteen vain hieman uutosta, mikä näin ollen näkyisi vain hieman keltaisena värinä. Sen sijaan erittäin hienolla jauhatuksella kahvista saadaan paljon enemmän uutettua ja osa jauheesta on suspensiona vedessä. Eri jauhatuskarkeus ei ainoastaan tuota eri määrää uutosta, vaan sillä on myös huomattava vaikutus valmistetavan kahvin makuun. Tästä syystä on välttämätöntä, että mylly kykenee tuottamaan haluttua jauhatusta ja pitämään hiukkaskokoja vakiona, niin että hiukkasten aste, joka eroaa halutusta standardista pidetään mahdollisimman pienenä. [15, s. 206.]

Kahvipavut jauhetaan paahdon jälkeen eri kahvinvalmistustapoja varten, jotta saadaan optimaalinen maku halutulle valmistusmenetelmälle. Jauhatuskarkeus vaikuttaa kahvin

ja veden kontaktiaikaan sekä kosketuspinta-alaan, esimerkiksi hienommalla jauhatuksella saadaan aikaan täydellisempi kofeiinin uutto. [10, s. 67.] Myös makua muodostavien yhdisteiden liukeneminen veteen on riippuvaista jauhatuksesta [16]. Jauhamisen päätaivoitteena on lisätä uuttopintaa tai pikemminkin lisätä veden ja kiinteän aineen välisen rajapinnan laajuutta liukoisten ja emulgoivien aineiden uuton mahdollistamiseksi. Pavun hajotessa aina pienemmiksi ja pienemmiksi partikkeleiksi syntyy lisäpintoja, jotka kahvia valmistettaessa pääsevät kosketuksiin uuttoveden kanssa. Erilaisten jauhatusten tarkoitus onkin saada tiettyä tarkoitusta varten sopivia partikkeleita. [7, s. 215, 221.]

Jauhatus vaikuttaa kahvin ali- ja yliuuttoon, jotka myös vaikuttavat valmistetun kahvin makuun. Aliuutossa kahvia on uutettu liian vähän, tällaisessa kahvissa on usein hapan maku. Kitkerä maku kahvissa voi johtua esimerkiksi pavuista, mutta sitä aiheuttaa myös yliuutto. Yliuuttoa voi vähentää karkeammalla jauhatuksella, jotta uutto ei olisi niin tiheää. [10, s. 69.] Partikkelijakaumassa hienommat hiukkaset parantavat uuttopintaa (kemiallinen tarve) ja karkeammat sallivat veden virtauksen (fyysinen tarve) [7, s. 215]. Vakuumpakkauskoneilla K1-K4 pakataan kuutta eri jauhatukseltaan olevaa kahvia. Kahvien jauhatukset hienoimmasta karkeimpaan ovat CONT, AUT, MAN, SJ, HJ ja PJ.

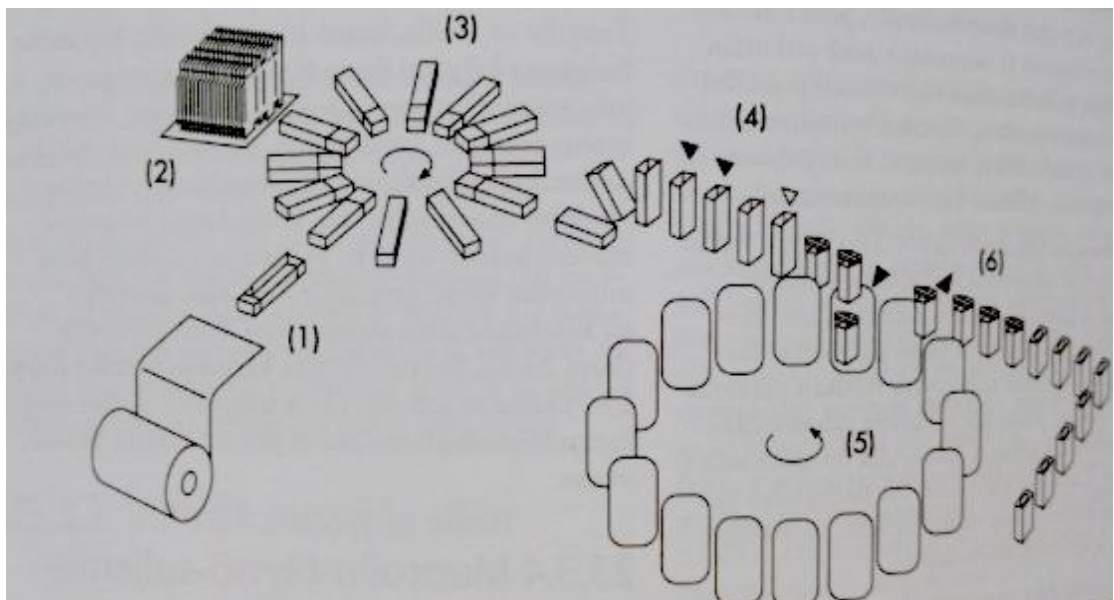
2.4 Pakkaaminen

Paahdon aikana saavutetun korkean lämpötilan ja kahvin matalan vedenaktiivisuuden ansiosta kahvissa ei tapahdu entsymaattista eikä mikrobiologista pilaantumista [7, s. 230]. Kahvin pakkaukselta edellytetään suojaa muun muassa hapelta, kosteudelta, valolta sekä liialta ja pakkauksen tulee suojata kahvin aistittavia ominaisuuksia. Kahvi on rasvaista ja eltaantumisen estämiseksi pakettin tulee olla kaasutiivis, sillä hapettuminen aiheuttaa helposti virhemakuja ja -hajuja. Pakkaukselle on suojausvaatimusten ohella myös teknisiä vaatimuksia, esimerkiksi saumojen tulee kuumasaumautua tiiviisti ja hyvin, mutta samalla pakettin tulee olla helposti avattavissa. Pakkauksen ulkonäön tulee olla siisti ja hyvä, jotta sillä voidaan edistää myyntiä. Pakkaukselta vaaditaan mekaanista kestävyyttä, jotta pakettin suojaominaisuudet säilyvät. [14, s. 51.]

Jauhetun kahvin aromi on hyvin herkkä hapen vaikutuksille. Valo kiihdyttää hapettumista. Hapella ja UV-valolla on synergistinen vaikutus, ja ne vaikuttavat yleensä yhdessä vielä enemmän kuin kumpikaan erikseen. Pakkauksen tulisi siis olla täysin valolta suo-

jaava tai pyrkiä estämään 550 nanometriä lyhyemmät aallonpituudet. Pakkauksen tulee olla aromia läpäisemätön, jotta aistittavat ominaisuudet säilyisivät. [14, s. 54–55.]

Vacpac-pakkaukset ovat vakuumi- eli tyhjiöpakkauksia. Vakuumpakkauksesta on poistettu ilma, jolloin se suojaa kahvia hapettumiselta. Vakuumpakkaaminen aiheuttaa pakettiin alipaineen, joka puristaa kahvia kokoon tiiviiksi ”tiiliskiveksi”. Kahvipaketit pakataan kammiokoneella (Kuva 8). K1–K4 vakuumpakkauskoneiden toimintaperiaate on hyvin samankaltainen kuin kuvassa 8, mutta K1–K4 pakkauskoneilla ei pakkausprosessissa ole kartonkiaihioita. Laminaattirullasta muodostetaan laminaattiaihioita kuuma-saumaamalla. Laminaattiaihiot täytetään annostelijoista kahvilla. Täytön jälkeen pakkaukset siirtyvät koneen kammioihin, jossa pakkauksiin muodostetaan alipaine poistamalla happea ja paketin yläsauma kuumasaumataan kiinni ja kammiio avautuu. [14, s. 221–222.]



Kuva 7. Kammiokone, jossa on kartonkiin pakattava sisäpussi. 1) Laminaatti 2) Kartonkiaihiot 3) Karat, joiden ympärille muodostetaan pakkaus ja pohjasauman saumaus 4) Pakkauksen täyttö 5) Vakuumikammiot, joissa ilma poistetaan pakkauksesta 6) Pakkauksen suljenta [14, s. 212].

Vakuumpakkauskoneilla kahvin pakkausmateriaalina toimii alumiinifoliolaminaatti, jota on käytössä yksi- sekä kaksikerroslaminaattina. Laminaatti on päällystetty lakalla, joka voi olla kiiltävää tai mattapintaista. Laminaatin vaihtuessa pakkauskoneella yksikerroslaminaatista kaksikerroslaminaattiin muuttuvat saumauslämpötilat, sillä kaksikerroslaminaatti vaatii kuumemman saumauslämpötilan useampien kerrosten takia.

3 Tuotevaihto vakuumpakkauskoneella

3.1 Kahvin tuotevaihto

Myllyn operaattori ilmoittaa pakkauskoneen operaattorille, kun pakattava kahvi on kokonaisuudessaan siirretty kaasuuntumissiilosta pakkauskoneelle. Näin pakkauskoneen operaattori tietää pakkaustilauksen pian loppuvan.

Kahvin vakuumpakkauskoneen (Kuva 8) yllä sijaitsee täyttöaineenjakaaja, josta kahvi jaetaan kaikkiin kolmeen pääannostelijaan ja viimeiseen jälkiannostelijaan. Annostelijoiden yläpuolella sijaitsevat tiivistimet, joilla kahvin tilavuutta voidaan säätää. Pääannostelijoiden jälkeinen vaaka punnitsee paketin, jonka mukaan jälkiannostelijasta annostellaan sopiva määrä kahvia pakettiin. Pakkaustilauksen päättyessä kahvi loppuu täyttöaineenjakaajasta sekä pääannostelijoista, jolloin jälkiannostelijasta ei voida enää korjata riittävästi kahvipaketin painoa. Kun paketit eivät ole riittävän painoisia, ne poistetaan koneesta jälkiannostelijan jälkeen sijaitsevan lopputarkastusvaa'an kohdalta. Kun pakkauskone hylkää alipainoisia kahvipaketteja, operaattori voi lopettaa pakkaamisen konetta ohjattavalla näytöltä automatiikka-painikkeesta. Näin pakkauskone ajaa itsensä tyhjäksi. Jälkiannostelija tyhjennetään manuaalisesti, kun pakkaaminen on lopetettu pääannostelijoiden ollessa tyhjiä kahvista.



Kuva 8. Vakuumpakkauskone [17]

Operaattori tilaa keskusvalvomosta uuden kahvilaadun koneelle, ja siirtolinja oikeasta kaasuuntumissiilosta pakkauskoneelle aukeaa. Kahvi kulkeutuu kaasuuntumissiilosta

tilauksen mukaan vaihtuvan siirtosäiliön kautta vaa'alle, josta kahvi tyhjennetään pakkauskoneen säiliöön. Koneen annostelijat täyttyvät, kun pakkauskoneen säiliöstä avataan luukku, jolloin kahvi pääsee täyttöaineen jakajan ja tiivistimen kautta annostelijoihin. Uuden tilauksen pakkaaminen voidaan aloittaa, kun koneen annostelijoissa on kahvia ja operaattori on valmistellut koneen alkavalle tuotteelle.

Mikäli koneelle on jäänyt pieniä määriä edellistä tuotetta esimerkiksi vaa'an siirtosäiliöön, vaa'alle, pakkauskoneen säiliöön, täyttöaineen jakajaan, tiivistimiin tai annostelijoihin, kulkeutuu se pois seuraavaksi ajettavan kahvin mukana. Edellistä pakattua kahvia tulee aina hieman uuden kahvin mukana, minkä takia ensimmäiset paketit ovat hukkakahvia. Kun kahvia on ajettu hukkakahviksi ohjeistuksen mukaan noin 10–20 kg, voidaan kahvin laatu tarkastaa laadunvarmistuslaboratoriossa. Kun kahvin laatu on tarkastettu ja hyväksytty voidaan pakkaaminen aloittaa.

Kun tuotevaihdossa vaihtuu kahvi, vaihtuu myös kullekin tuotteelle oikeilla pakkausmerkinnöillä varustettu pakkausmateriaali. Ennen pakkaamisen aloittamista pakkausmateriaali tulee ajaa paikalleen, jolloin laminaattirullasta saadaan leikattua laminaattiaihioita oikeasta kohdasta. Laminaattiaihiot, joihin kahvi pakataan, muodostetaan pakkauskoneen tuurnapyörässä. Tuurnapyörässä laminaatin pohja- sekä pitkäsauma kuuma-saumataan. Laminaattiaihiot ajetaan koneen tuurnapyörän läpi ja puhalletaan ulos pakkauskoneesta. Operaattori varmistaa laminaattiaihioista, että kuvio on suorassa, keskellä ja oikeassa kohdassa, jotta päivämäärä saadaan painettua laminaattiin sille kuuluvaan kohtaan. Laminaattiaihion pitkäsauvan saumavaran riittävyys tarkistetaan silmämääräisesti ja konetta säädetään, mikäli saumavaraa ei ole riittävästi tai sitä on liikaa. Saumojen tehtävä on ylläpitää paketin hapelta suojaavia ominaisuuksia. Tarkistukset tehtyään operaattori voi ajaa ensimmäiset kahvipaketit koneesta ulos.

Koneesta ulos ajettavien pakettien perusteella operaattori voi muokata koneen säätöjä, jotta paketin ulkomuoto saadaan optimoitua. Operaattori voi joutua säätämään esimerkiksi pakettikorkeutta, laminaatin saumavaraa tai paketin muotoa. Operaattorin tehdessä säätöjä pakkauskoneen toimintaan eivät tehdyt säädöt ilmene heti. Koneesta ajetaan ulos noin 100 pakettia ja paketti tarkastetaan. Säätöjä voidaan muuttaa tarvittaessa lisää, mikäli paketti ei vielä ole halutun näköinen. Pakkauskone mukautuu tehtyihin säätöihin koneesta ulos ajettavien kahvipakettien myötä. Paketeilla on hyvin tarkat tavoitekorkeudet ja -painot, joita operaattorin tehtävä on aktiivisesti seurata. Operaattorin tulee tarvittaessa muuttaa pakkauskoneen säätöjä, jos tavoitearvot eivät täyty.

Isoille vakuumipakkauskoneille olevissa ohjeissa on annettu viitteelliset arvot paljonko kahvia ajetaan pois, ennen kuin aloitetusta tuotteesta tarkastetaan laatu. Siirryttäessä vaaleapaahtoisesta kahvista tummapaahtoiseen, tai toisin päin, kahvia ajetaan hukkahviksi noin 20 kg. Kun taas siirrytään vaaleapaahtoisesta kahvista vaaleapaahtoiseen tai tummapaahtoisesta kahvista tummapaahtoiseen, ajetaan kahvia ulos noin 10 kg. Eli kahvia ajetaan enemmän hukkahviksi, kun lopetetun tuotteen ja aloitetun tuotteen paahtovärien välillä on suurta kontrastiero. Sertifioiduille kahveille siirryttäessä ajetaan hukkahviksi aina vähintään 10 kg, jotta voidaan täyttää sertifioitujen kahvien vaatimukset.

3.2 Laadunvalvonta tuotevaihdossa

Laatua voidaan hallita laadunvarmistuksella, laadun suunnittelulla sekä laadun seurannalla. Laadunvarmistukseen kuuluu menettelytapojen sekä standardien määrittely, joiden avulla hyvä laatu saavutetaan. Laatua voidaan suunnitella valitsemalla prosessissa menettelytavat, joilla laatuun tähdätään. [18.] Laatua saavutetaan optimoimalla resursseja prosessin tärkeimpiin kohtiin [19]. Jotta laatuun tähtäävät toiminnot toteutuvat, niitä täytyy valvoa laadunvalvonnalla [18]. Laadunvarmistuksen tavoitteena on ehkäistä virheiden syntyä, sekä löytää virheet ajoissa [19].

Oy Gustav Paulig Ab:lla tuotteen laatu tarkastetaan useaan otteeseen koko prosessin läpi. Kuluttajalle kahvipaketin laatu ilmenee paketin toimivuudessa sekä tietysti kahvin aistinvaraiset ominaisuudet vastaavat odotuksia. Kahvin paahtoasteen ja jauhatusasteen oikeellisuudesta huolehtivat paahtajat ja jauhajat keskusvalvomossa. Kyseisissä vaiheissa prosessia voidaan ohjata oikeaan suuntaan, mikäli kahvi ei ole tavoitearvojen mukaista. Pakkauskoneelle saapuessaan kahvin ominaisuuksiin, paahto- ja jauhatusasteeseen, volyyymiin, kosteuteen sekä aistinvaraisiin ominaisuuksiin ei voida vaikuttaa. Tämän takia kommunikoinnin on kuljettava keskusvalvomon operaattoreiden, laadunvarmistajan ja pakkauskoneen operaattorin välillä, jotta pakkauskoneen operaattori saa tiedon, mikäli tuotteen arvot ovat raja-arvojen reunoilla tai arvoissa on paljon vaihtelua. Kommunikoinnin avulla pakkausvaiheessa voidaan tehdä parhaat mahdolliset säätötoimet, jos esimerkiksi tiedetään kahvin tilavuuden eli volyymin olevan korkea prosessin aikaisemmissa vaiheissa.

Tuotevaihtoissa tuotteiden laatu tarkastetaan aina, sillä tuotteen on oltava spesifikaatioiden mukaista. Vasta kun tuotteen laatu on tarkastettu laadunvarmistuslaboratoriossa, saadaan pakkaaminen aloittaa. Kahvin spesifikaatioita ei ole mahdollista tarkastaa pakkaushallissa, joten pakkauskoneen operaattori tarkastaa kahvipaketin ulkoiset ominaisuudet ja laadunvarmistaja tarkastaa kahvin spesifikaatiot laadunvarmistuslaboratoriossa.

Operaattori tarkastaa pakkauskoneella paketin painon, korkeuden, pakkausmateriaalin oikeellisuuden, päiväysleimat, pakkauksen ulkonäön ja saumojen eheyden sekä kone tekniset asiat kuten saumaustemperatuurit ja oikean pakkausformaatin. Operaattori punnitsee laminaattiaihion painon vaa'alla sekä tarkastaa tämän perusteella koneen taarapainon pitävän paikkaansa. Laminaattiaihion paino taarataan ja paketin sisältö punnitaan ja myös sen korkeus mitataan. Korkeuden tavoiterajat riippuvat siitä, onko tuote pakattu yksi- vai kaksikerroslaminaattiin. Kaksikerroslaminaatille tavoiterajat ovat hieman korkeammat, koska siinä on enemmän pakkausmateriaalia. Painolle sekä korkeudelle on asetettu rajat, joihin pakkausprosessissa pyritään. Pakkausmateriaalista tarkastetaan, että siinä on oikean tuotteen tiedot. Saumat tulee tarkastaa kirjallisen ohjeen mukaisesti. Ohjeen mukaisesti paketti avataan, yläsauman eheys tarkastetaan ja myös katsotaan, ettei saumauksessa ole kahvia. Tämän jälkeen paketti tyhjennetään ja kaikki saumat avataan ja niiden saumautuminen tarkastetaan. Sauman tulee olla yhtenäinen, riittävän paksu eikä siinä saa olla ruttuja.

Pakkausten ollessa hyviä operaattori voi viedä laadunvarmistajalle tuotteesta kaksi aloituspakettia. Laadunvarmistaja tarkastaa aloituspaketista tuotteen värin, jauhatustason, kosteuden sekä aistinvaraiset ominaisuudet ja yhdessä operaattorin kanssa vielä pakkausmerkinnät, yläsauman aukeavuuden sekä paketin ulkonäön. Laadunvarmistaja saa aloituspakettien lisäksi jokaisesta tilauksesta myös kaksi lopetuspakettia, joista tarkastetaan samat asiat.

Aloituspaketit ovat kunkin aloituksen ensimmäiset laadunvarmistajan hyväksymät tuotteet. Operaattori ajaa pakkauskoneelta kahvia pois ja vie laadunvarmistajalle kaksi aloituspakettia. Mikäli laadunvarmistaja ei hyväksy tuotetta, riippuen hylkäyksen syystä pakkauskoneen operaattori joko ajaa kahvia lisää hukkakahviksi tai tekee pakkauskoneella vaadittavia toimenpiteitä. Esimerkiksi aloituspaketissa kahvi voi olla hyväksyttävää, mutta paketti ei vastaa korkeita laatukriteereitä, jolloin pakkauskoneen operaattorin on tehtävä pakkauskoneella vaadittavat säädöt pakettiin.

Laadunvalvontaa tehdään pakkauskoneella säännöllisesti. Laadunvarmistaja seuraa laatua aloitus- ja lopetuspakettien lisäksi myös otantaan perustuvalla näytteenotolla, jolloin isoista tilauksista näytteitä otetaan enemmän. Pakkauskoneen operaattori seuraa vähintään tunnin välein pakkauksen korkeutta, painoa, saumojen eheyttä sekä pakettien pehmenemistä tunnin kestäväällä pehmytpakettiseurannalla. Pehmytpakettiseurantaan kerätään ajon ajalta joka tunti 28 tai 30 peräkkäistä pakettia riippuen pakkauskoneesta (pakkauskoneelta K4 30 pakettia), jolloin jokainen paketti vastaa yhtä vakuumikammiota. Pehmytpakettiseurannalla voidaan selvittää, mikäli vakuumikammion toiminnassa on ongelmaa.

Pakkauskoneilla pakataan myös sertifioituja kahveja, jotka valmistetaan samalla tavalla kuin muutkin kahvit. Sertifioituja tuotteita ovat UTZ, FairTrade ja luomu (EU-organic). Sertifioitujen kahvien käsittelyssä on kiinnitettävä huomiota erilläänpitoon ja jäljitettävyyteen, sillä sertifioidut kahvit ovat jäljitettäviä ja niiden raaka-aineet koostuvat vaadituissa määrin sertifioiduista kahveista. UTZ -sertifioiduissa tuotteissa taataan että tuotteesta 90 % on UTZ -sertifioitua. Reilun kaupan (FairTrade) tuotteille taataan, että 100 % tuotteesta on tuotettu reilun kaupan sertifikaattien mukaisesti. Luomutuotteista 100 % on luomua. Sertifioitujen tuotteiden kohdalla kahvia ajetaan pakkauskoneelta vähintään 10 kg, jotta voidaan varmistaa sertifioitujen tuotteiden vaatimat ominaisuudet.

4 Materiaalit ja menetelmät

4.1 Operaattorien haastattelut

Työn alussa haastateltiin pakkauskoneiden operaattoreita. Haastatteluista haluttiin saada lähtötietoa, kuinka operaattorit suorittavat K1-K4 pakkauslinjoilla laadunvalvontaa ja miten he itse kokevat nykyisten laadunvalvontatoimenpiteiden riittävyyden. Haastattelut olivat lyhyitä noin 15-30 minuuttia kestäviä kyselyitä, joissa käytettiin pohjana kysymyslomaketta (Liite 1).

Haastattelut tehtiin kahden viikon aikana vuoden 2018 tammikuussa. 17 pakkauskoneiden K1-K4 operaattoria haastateltiin aamu- sekä iltavuorossa. Vakuumipakkauskoneilla K1-K4 työskentelee kerrallaan yksi operaattori, ja koneilla työskennellään yleensä kolmessa vuorossa. Kyseisillä vakuumipakkauskoneilla on yhteensä 32 osaavaa operaattoria ja kokonaisuudessaan paahtimolla työskentelee 35 pakkauskoneiden operaattoria.

Haastateltavien työkokemus K1-K4 pakkauskoneilla vaihteli yhdestä vuodesta 23 vuoteen. Haastateltavista 12 oli joskus perehdyttänyt kyseistä työtehtävää uudelle työntekijälle.

4.2 Tuotevaihtojen seuraaminen kahvin pakkauslinjalla

Tuotevaihtoja seurattiin vakuumpakkauslinjoilla (Taulukko 2). Aineiston keruun aikana saatiin seurattua 28 tuotevaihtoa, joista väriä mitattiin 23:sta ja jauhatusta mitattiin kahdeksasta vaihdosta. Suurin osa tuotevaihdosta tapahtui K1-pakkauskoneella ja muutama pakkauskoneilla K2 ja K3. Muista pakkauskoneista eroava K4 ei ollut materiaalin keruun aikana käytössä, joten kyseiseltä koneelta tietoa ei ole kerätty.

Taulukko 2. Seuratut tuotevaihdot (tuotteet koodattu paahto- ja jauhatusasteittain)

Pakkaus-kone	Tuote-vaihdot	Kahvista	Kahviin
K1	1	Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 5, HJ
	2	Paahtoaste 5, HJ	Paahtoaste 3, MAN
	3	Paahtoaste 3, MAN	Paahtoaste 3, AUT
	4	Paahtoaste 3, AUT	Paahtoaste 1, SJ
	5	Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 2, HJ
	6	Paahtoaste 3, CONT	Paahtoaste 3,5, HJ
	7	Paahtoaste 3,5, HJ	Paahtoaste 1, SJ
	8	Paahtoaste 4, AUT	Paahtoaste 3 SJ
	9	Paahtoaste 3, SJ	Paahtoaste 1, SJ
	10	Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 4, SJ
	11	Paahtoaste 4, SJ	Paahtoaste 3, CONT
	12	Paahtoaste 3, CONT	Paahtoaste 1, SJ
	13	Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 1, SJ
	14	Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 2, HJ
	15	Paahtoaste 2, HJ	Paahtoaste 3, HJ
	16	Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 4, HJ
	17	Paahtoaste 4, HJ	Paahtoaste 3, HJ
	18	Paahtoaste 3, HJ	Paahtoaste 1, SJ
	19	Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 3, CONT
	20	Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 5, HJ
	21	Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 1, SJ
K2	22	Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 3, CONT
	23	Paahtoaste 3, CONT	Paahtoaste 1, SJ
K3	24	Paahtoaste 2,5 HJ	Paahtoaste 2,5 HJ
	25	Paahtoaste 2,5 HJ	Paahtoaste 1, PJ
	26	Paahtoaste 1, PJ	Paahtoaste 1, PJ
	27	Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 2,5 HJ
	28	Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 2,5 HJ

Tuotevaihdosta selvitettiin, paljonko kahvia pakkauskoneella on kulunut, kun kahvi saavuttaa lopputuotteen paahtovärin tavoitearvon. Seuranta tehtiin myös, jotta voitiin havaita, onko operaattoreilla erilaisia toimintatapoja niiden suorituksessa. Tuotevaihtojen seurannalla haluttiin havaita, onko kahvin väri vaihtunut, jo ennen kuin laadunvarmistaja saa tuotevaihdosta aloituspaketin ja tämän kautta, kuinka paljontuotevaihdossa oikeastaan syntyy hukkakahvia.

Haluttiin selvittää, pitääkö vakuumpakkauskoneilla K1-K4 oleva ohjeistus poisajettavan kahvin määrästä paikkansa tuotevaihdossa. Olisiko kahvi ollut mitattavien ominaisuuksiensa puolesta tavoitearvojen mukaista jo ennen, kuin laadunvarmistaja hyväksyy tuotevaihdosta aloituspaketin. Kerätyistä paketeista mitattiin väriä, kun pakkauskoneella vaihtuvien tuotteiden värien tavoitearvoissa oli eroa. Lisäksi jauhatusta mitattiin niistä, joiden jauhatusspesifikaatioissa oli huomattavaa eroa tai kun aistinvaraiselle tarkastukselle kaivattiin tukea.

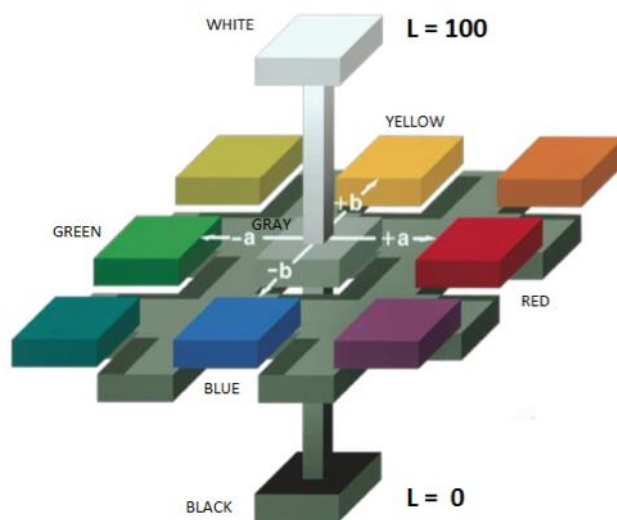
Tuotevaihdosta kerättiin kaikki paketit, ennen kuin laadunvarmistaja hyväksyi tuotteen aloituspaketin. Näin ollen näytteiden määrä oli riippuvaista operaattoreiden toimintatavoista ja samalla saatiin selvitettyä, kuinka paljon operaattorit ajavat kahvia, ennen kuin vievät laadunvarmistajalle aloituspaketin tuotevaihdosta. Kun kunkin tuotevaihdon aloituspaketit hyväksyttiin laboratoriossa, voitiin olettaa tuotteen olevan lopputuotteen tavoitearvossa paahtovärin puolesta. Näytteiden keruuta ei ollut syytä jatkaa, kun tiedettiin kahvin olevan tavoitearvoissaan. Kerätyistä 400–500 gramman paketeista joka toinen paketti analysoitiin tarkemmissa mittauksissa. Mikäli laadunvarmistaja ei hyväksynyt kahvin laatua, paketteja kerättiin lisää siihen asti, kunnes laatu oli hyväksytty. Tuotevaihtoja seurattaessa ongelmaksi osoittautui, ettei koneista saanut otettua paketteja täysin toistettavasti, vaan jokainen tuotevaihto oli erilainen.

Suuri muuttuja tuotevaihdosta kerätyistä näytteistä oli lopputarkastusvaa'an hylkäämä kahvi, sillä lopputarkastusvaaka hylkäsi jokaisessa vaihdossa aina kahvia ja usein eri määrän. Lopputarkastusvaa'an hylkäämiä paketteja kerättiin aloituksesta väri- ja jauhatusmittauksiin. Lopputarkastusvaa'an hylkäämistä paketeista ei kuitenkaan voinut päätellä, kuinka monta kiloa kahvia oli ajettu siinä vaiheessa, kun paketti oli hylätty. Paketit putoavat lopputarkastusvaa'alta avonaisina ämpäriin. Välillä paketit levisivät ämpäriin ja niistä ei saatu kunnollisia näytteitä.

4.3 Mittausmenetelmät

4.3.1 Paahtoväriin mittaaminen

Paahtoprosessin ohjauksessa sekä laadunvarmistuksessa kahvin väriä mitataan Hunterlab D25 LT-värimittarilla (Hunter Associates Laboratory Inc., USA), jolle on kahvien värispesifikaatiot määritetty. Mitattavan tuotteen väri ilmoitetaan käyttäen CIE L^* -, a^* - ja b^* -väriskaalaa. Teoriassa väri hahmotetaan kolmiulotteiseen tilaan kolmelle akselille. Akseleiden arvot L , a ja b mittaavat tuotteesta kuvan 9 mukaisia värejä. L saa asteikolla arvoja 0–100, jossa 0 on täysin musta ja 100 on täysin valkoinen. Kahvista mitataan paahtoväriä L^* , joten mittauksissa tarkastellaan L -asteikkoa.



Kuva 9. Hunter L^* -, a^* -, b^* -värit kolmiulotteisessa tilassa [12, muokattu].

Pienempi käsikäyttöinen värimittari Konica Minolta Chroma Meter CR-410 (Sensing Americas, Inc.) on harvemmin käytössä. Mittari käyttää myös L^* -, a^* -, b^* -skaalaa, mutta mittareiden mittauskomponentit ovat erilaisia, joten mittauksien vertailuun käytetään korjauslukua. Värimittauksiin käytettiin kahta olemassa olevaa värimittaria. Kahvin väriä mitattiin aina molemmilla mittareilla, sillä näitä haluttiin vertailla ja selvittää, pitääkö Konica Minoltan värimittarille määritetty korjausluku enää paikkaansa.

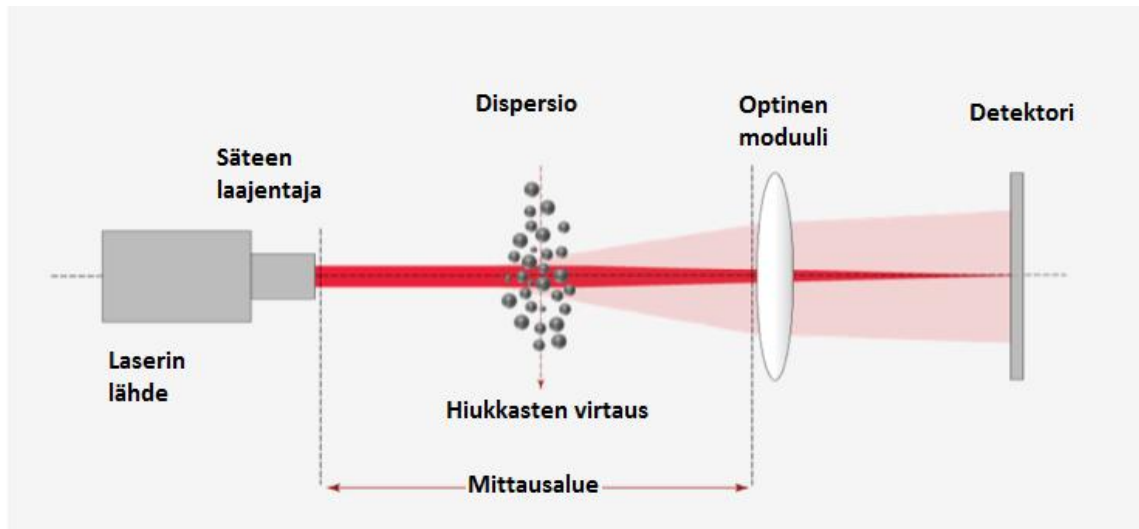


Kuva 10. Värin mittauksen prosessikaavio [13]

Kuvassa 10 on kahvin värin mittaamisen prosessikaavio, josta näkee värin mittaamisen vaiheet. Näytettä kaadetaan mitta-astiaan ja pinta tasoitetaan messinkiviivaimella noin 45 asteen kulmassa. Värin mittaajan tulee tarkastaa että kahvin pinta on tasainen ja edustava, ja tämän jälkeen näyte asetetaan mittauslaitteiston alle ja tulos luetaan mittarin näytöltä. Pauligilla vuonna 2014 tehdyssä paahtovärin ennustettavuutta koskevassa Lean Six Sigma Green Belt-projektissa, tutkittaessa yhdestä paahtoerästä tehtyjen mittausten perusteella mittausjärjestelmän kyvykkyyttä, voitiin tulosten perusteella päätellä, että mittausmenetelmän epävarmuus on merkittävä. Tämä tulee muistaa prosessia säädettyäessä, sillä ihmisen vaikutus mittaustulokseen on huomattava. [13 s. 12.]

4.3.2 Jauhatuksen mittaaminen

Jauhatuksen analysointiin käytettiin Sympatec-partikkelianalysointia (Sympatec GmbH System-Partikel-Technik), jonka toiminta perustuu laserdiffraktioon [20]. Diffraktiossa aallon muoto muuttuu, jonkin kappaleen vaikuttaessa sen kulkuun. Laserdiffraktiossa (Kuva 11) laserin valo kulkee näytteen läpi, jossa isommat partikkelit sirottavat valoa pienillä kulmilla ja pienten partikkelien sirontakulmat ovat suurempia. Näytteen läpi sironneen valon intensiteetti voidaan mitata ja tulosten perusteella voidaan määrittää partikkelien koko ja kokojakauma. [21.]

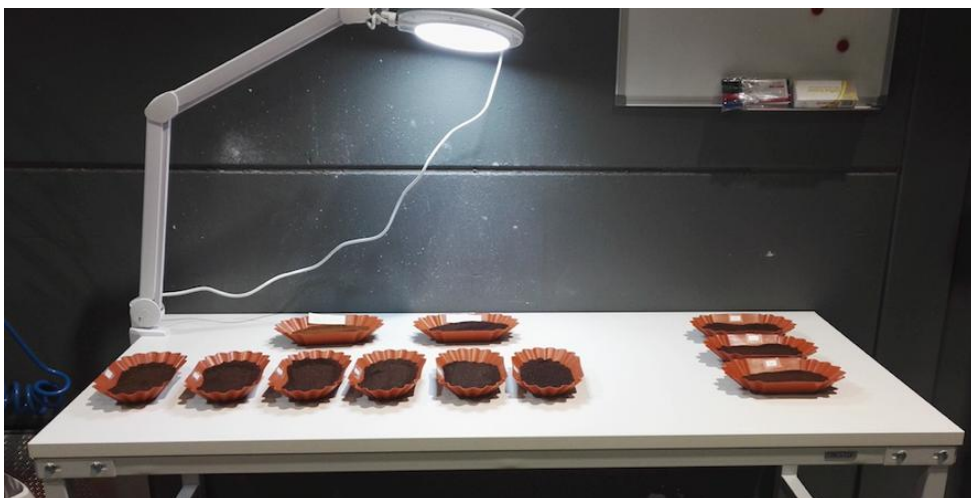


Kuva 11. Mittaus perustuen laserdiffraktioon [20, muokattu].

4.4 Kahvin värin erotustesti

4.4.1 Kolmitesti

Kahvin väristä järjestettiin tuotantotiloissa kolmitesti (Kuva 12). Näytteet esitettiin yhteinäisesti, siten että jokaista näytettä oli saman verran. Näytteet oli koodattu kolminumeroisilla satunnaisluvuilla ja näytteet olivat samanlaisissa astioissa. Näytteet arvioitiin pakkaushallissa lisävalon avulla, ja kukin arvioija teki testin yksin. Näytteitä sai tarkastella valon alla tarkemmin ja valoja sai testauspaikalla siirrellä.



Kuva 12. Kahvin värin erotustestit. Vasemmassa reunassa tuotevaihtoihin liittyvä testi ja oikeassa reunassa kolmitesti.

Kolmitestissä arvioitiin vain yhtä ominaisuutta: väriä. Arvioitava kahvi oli paahtoastetta 4 ja jauhatukseltaan SJ. Näytteiden paahtoväriässä oli 0,5 asteen ero. Näytteitä oli yhteensä neljä, kaksi samaa tummempaa kahvia $L^* = 14,10$ (kahvi 1) ja kaksi samaa vaaleampaa kahvia $L^* = 14,6$ (kahvi 2). Näytteet esitettiin satunnaistetussa järjestyksessä (Taulukko 3) ja siten, että kukin arvioija sai kerrallaan kolme näytettä arvioitavaksi, jolloin näytteistä kaksi olivat aina samanlaisia ja yksi värin puolesta eroava kahvinäyte.

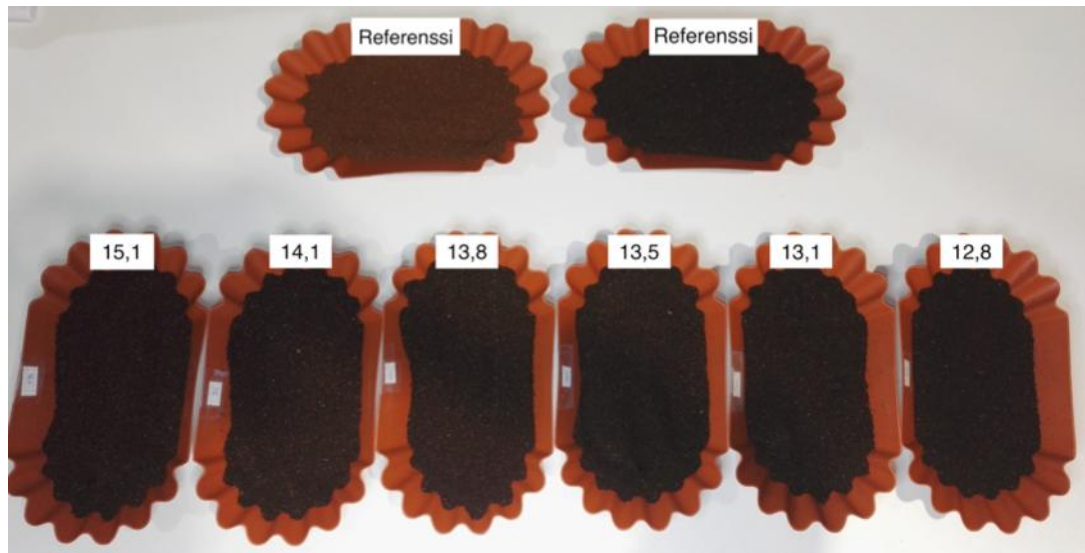
Taulukko 3. Esimerkki näytteiden esittämisjärjestyksestä neljälle eri arvioijalle.

	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3
Sarja 1	Kahvi 1	Kahvi 2	Kahvi 2
Sarja 2	Kahvi 1	Kahvi 1	Kahvi 2
Sarja 3	Kahvi 2	Kahvi 2	Kahvi 1
Sarja 4	Kahvi 2	Kahvi 1	Kahvi 1

Kolmitestillä haluttiin selvittää, onko 0,5 asteen ero kahvin tummuudessa havaittavissa ihmissilmällä. Arvausmahdollisuus on testissä 1/3. Testi kertoo, voidaanko eroava ominaisuus havaita, mutta se ei kerro eron suuruutta. Kolmitestissä arvioijan tuli tunnistaa poikkeava näyte. Näytteiden esittämisjärjestys oli satunnaistettu. Arviointeja tehtiin 39 ja arvioijat olivat Oy Gustav Paulig Ab:n henkilöstöä, jotka työskentelevät kahvin parissa. Kolmitestin tulokset kerättiin EyeQuestion-ohjelmalla (EyeQuestion Sensory Software, Hollanti). Tilastollisesti merkitsevä taso testissä oli $p < 0,05$. Riskitasona testeissä oli $\alpha = 0,05$.

4.4.2 Tuotevaihdon näytteiden laadun arviointi

Toinen testi järjestettiin samanaikaisesti kuin kolmitesti, joten testin tekijät olivat pääasiassa samaa henkilöstöä kuin kolmitestissä. Testin teki 37 henkilöä, joista valtaosa työskentelee Oy Gustav Paulig Ab:lla tuotannossa. Testissä arvioitiin tuotteen värin laadullista riittävyttä. Testissä oli kuusi näytettä pakkauskoneen tuotevaihdosta sekä referenssit tuotevaihdossa olleista tuotteista (Kuva 13).



Kuva 13. Tuotevaihdosta kerätyt näytteet testissä (arvioijat eivät nähneet näytteiden paahtoväriä).

Näytteet oli kerätty pakkauskoneelta, ja ne olivat tuotevaihdosta ensimmäisiä linjalta saatuja paketteja ennen laaduntarkistusta. Tuotevaihdossa oli vaihtunut vaaleapaahtoinen paahtoasteen 1 kahvi tummapaahtoiseen paahtoasteen 5 kahviin. Tuotevaihdosta kerätyt näytteet oli asetettu värimittausten perusteella vaaleimmasta tummimpaan. Näytteiden paahtovärit Hunterlab-värimittauslaitteistolla mitattuna ovat 15,07 L*; 14,05 L*; 13,8 L*; 13,5 L*; 13,12 L* ja 12,78 L*. Tummapaahtoisen referenssinäytteiden paahtoväri oli 12,75 L* ja vaaleapaahtoisen referenssinäytteen paahtoväri oli 19,61 L*.

Näytteet oli valittu testiin sillä perusteella, että ne ovat todellisia näytteitä tuotevaihdosta, jossa kahvien välillä on suurta kontrastiero. Näin ollen pienetkin määrät edellisestä kahvista voidaan nähdä näytteitä tarkastelemalla. Paahtoasteen 5 omaavan lopputuotteen tavoiteväri on 12,5–13,3 L*, jolloin kaksi näytteistä on värinsä puolesta hyväksyttävissä ja muut näytteet ovat liian vaaleita. Testin tekijöiden tehtävä oli päättää, mistä eteenpäin tuotevaihdosta otetut näytteet ovat ulkonäkönsä puolesta riittävän lähellä referenssinäytettä tai mistä eteenpäin tuotteen voisi viedä aloituksessa laadunvarmistukseen.

5 Tulokset ja tulosten tarkastelu

5.1 Yhteenveto haastatteluista

Haastatteluihin osallistui 17 vakuumpakkauskoneiden K1-K4 operaattoria. Haastattelut tapahtuivat anonymisti, mutta haastateltavilta kysyttyjen taustatietojen pohjalta havaittiin, että operaattoreilla oli erilainen kokemustausta kyseisillä pakkauskoneilla, kuten taulukosta 4 nähdään. Haastateltavista 12 operaattoria, eli suurin osa, oli joskus opastanut uutta työntekijää näille pakkauskoneille.

Taulukko 4. Työkokemuksen sekä uuden työntekijän opastamisen jakautuminen haastateltavien osalta pakkauskoneilla K1-K4.

Kokemus koneilla K1-K4	Henkilöiden määrä	Opastanut uutta työntekijää koneille K1-K4
Alle 5v.	7	4
5-15v.	5	3
Yli 15v.	5	5

Haastatteluista havaittiin, että erityisesti tiedonkulku laadunvalvonnan toimenpiteiden muutoksista koettiin ongelmalliseksi. Mikäli laadunvalvonnan toimenpiteissä tapahtuu muutoksia, ne usein kerrotaan sillä hetkellä pakkauskoneella työskentelevälle operaattorille, sekä lisäksi pakkauskoneelle tuodaan tiedote paperiversiona muutoksesta. Vuorossa olevan operaattorin vastuulle jää tiedon välittäminen eteenpäin seuraavaan vuoroon. Ohjeet välittyvät seuraavaan vuoroon usein kirjoitetun viestin kautta. Kolme vuoroa, aamu-, ilta- ja yövuoro, eivät mene päällekkäin, paitsi perjantaisin tuotannon aamu- ja ilta-vuorolla on yhteinen noin 30-50 minuutin mittainen paahtimopalaveri. Operaattorit toivoivat, että paahtimopalavereiden yhteistä kokoontumista voitaisiin hyödyntää, mikäli pakkauskoneilla on jotain ajankohtaista huomioitavaa.

Haastatteluista kävi ilmi, että tiedonkulku työnjohtajien, laadunvarmistajien, keskusvalvomon ja pakkauskoneiden operaattoreiden välillä on puutteellista. Operaattorit toivoivat parempaa tiedonkulkua, mikäli on havaittu kahvin volyymin olleen korkeata jo paahto- ja jauhamisvaiheessa.

K1-K4 vakuumpakkauskoneita osaa ajaa 32 operaattoria, mikä tekee 91 % pakkausko-
neiden operaattoreista. Näillä pakkauskoneilla työskennellään pääasiassa kolmessa

vuorossa ja kullakin pakkauskoneella työskentelee kerrallaan yksi operaattori. Osalla operaattoreista on pitkiä useiden kuukausien mittaisia taukoja K1–K4 pakkauskoneilla työskentelyssä. Ongelmalliseksi koettiin pitkät tauot kyseisillä pakkauskoneilla. Mikäli jokin työtapa on työskentelytauon aikana muuttunut, siitä ei koettu saatavan riittävästi informaatiota. Pakkauskoneilla on kyllä työohjeet, mutta mikäli jotain työskentelytapaa on muutettu, ei sitä välttämättä ole päivitetty työohjeeseen.

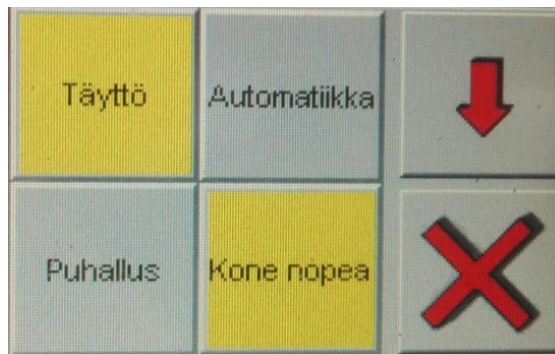
Operaattoreiden mukaan tarvittavaan laadunvalvontaan riittää aika, kun pakkauskoneella kaikki sujuu, mutta mikäli pakkauskoneella on jokin ongelma, on työ kiireistä. Laadunvalvonnassa toimivana koettiin laadunvalvonnan toimenpiteiden ylös kirjaaminen tuotantotietokoneilla ARROW Machine Track-ohjelmaan, joka seuraa automaattisesti tuotantoa sekä muistuttaa laadunvalvonnan suorittamisesta. Positiivisena pidettiin, että laadunvarmistaja on lähes aina paikalla ja tavoitettavissa, mikäli jotain ongelmaa havaitaan. Kuitenkin operaattorit kaipasivat tarkennusta, millaisissa tilanteissa tulisi laadunvarmistajiin tai työnjohtajiin ottaa yhteyttä.

5.2 Operaattorien toimintatavat tuotevaihtoja suoritettaessa

Erästä tuotevaihdosta kerätyistä kahvinäytteistä havaittiin selkeä rajapinta vaalean ja tumman kahvin välillä. Ensimmäisten pakettien pohjalla oli paahtoasteen 1 kahvia ja päällä tummaa paahtoasteen 4 kahvia. Ero paketin pohjalla ja päällä olevan kahvin paahtovärisssä oli niin selkeä, että voitiin päätellä edellistä tuotetta jääneen vielä annostelijoihin. Jos edellistä tuotetta kulkeutuu uuden kahvin mukana pitkältä reitiltä, ne usein pääsevät sekoittumaan keskenään. Ensimmäisissä paketeissa ei voida tällöin paahtovärin puolesta havaita selkeää rajapintaa eriväristen kahvien välillä. Jos taas edellistä kahvia on jäänyt yhteen tai useampaan annostelijaan, voi ensimmäisiin hukkakahvipaketteihin syntyä kahvien välille kerroksia. Ajoittain annostelijat eivät tule täysin tyhjiksi. Seuraavista tuotevaihdosta havaittiin operaattoreilla olevan kaksi erilaista toimintatapaa lopettaa pakkaaminen, mistä toisella saadaan annostelijat mahdollisesti tyhjennettyä paremmin.

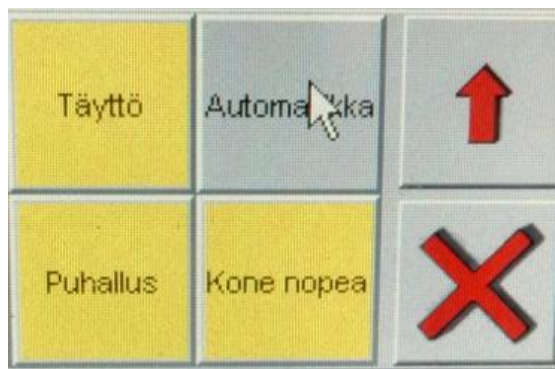
Pakkaamisen lopettamiseksi pakkauskoneiden (K1–K3) työohjeessa neuvotaan ajamaan annostelijat tyhjiksi ja ottamaan laminaatin syöttö pois kytkinlistan automaattikappainikkeesta kuvan 14 mukaisesti. Näin toimiessa kone lopettaa laminaatin syötön, mutta ajaa koneen tuurnapyörään jo muodostetut laminaattiaihiot koneen annostelijoiden

kautta, jolloin annostelijoihin mahdollisesti jäänyttä kahvia annostellaan vielä laminaattiaihioihin.



Kuva 14. Pakkauskoneen (K1–K3) kytkinlistan automatiikka-painike sekä puhallus-painike pois päältä.

Pakkaamisen voi myös lopettaa laittamalla kytkinlistan puhallus-painikkeen päälle ja ottamalla automatiikka-painikkeen pois kuvan 15 mukaisesti, jolloin tuurnapyörässä olevat laminaattiaihiot puhalletaan ulos koneesta. Laminaattiaihiot, jotka ovat jo päätyneet linjalle, kulkevat normaalisti annostelijoiden kautta. Molemmat toimintatavat ajavat teoriassa saman asian, eli lopettavat pakkaamisprosessin. Työohjeen mukaisella tavalla annostelijoiden kautta kulkee tuurnapyörään jo muodostetut laminaattiaihiot, eli 12 laminaattiaihiota enemmän. Mikäli annostelijoihin on jäänyt kahvia, se voidaan saada tyhjenettyä paremmin, kun annostelijoiden kautta kulkee useampia laminaattiaihioita.



Kuva 15. Pakkauskoneen (K1–K3) kytkinlistan automatiikka-painike pois päältä sekä puhallus-painike päällä.

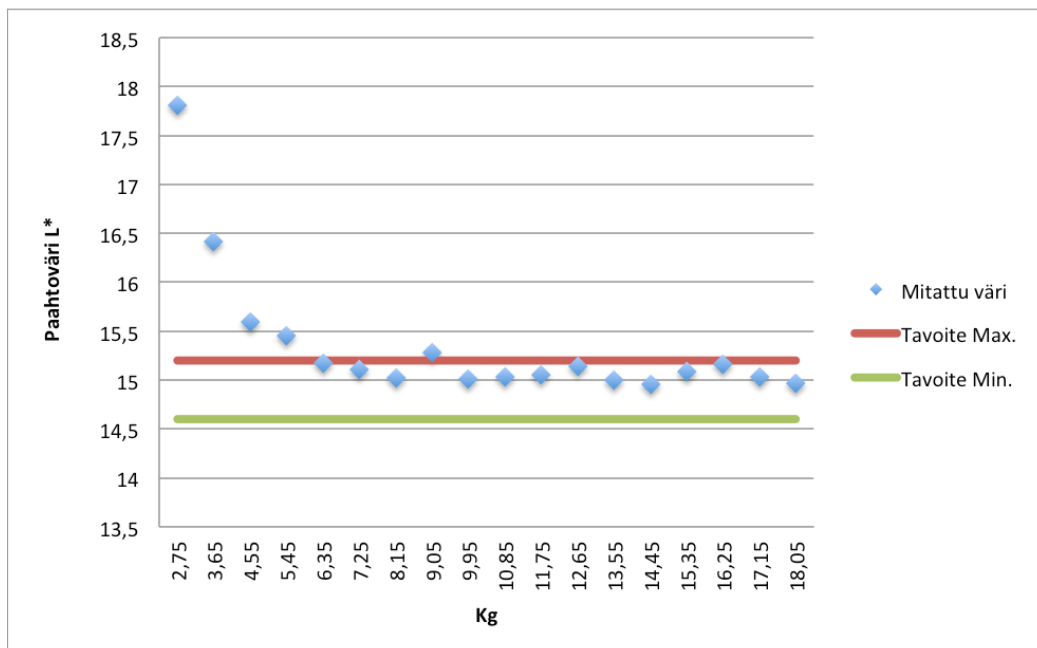
Seuratuissa tuotevaihdossa osa operaattoreista lopetti pakkaamisen painamalla automatiikka-painiketta ja osa taas painamalla puhallus- sekä automatiikka-painikkeita. Tämä voi vaikuttaa mittaustuloksiin, sekä voi olla yksi selittävä tekijä, kun pakkauskoneella on

ajoittain annostelijoissa jäljellä enemmän kahvia. Toimintatapojen eroavaisuus pakkaus-koneiden operaattoreiden toimintatavoissa huomattiin vasta aineiston keruun lopulla, joten sitä ei ole voitu yhdistää paahtoväriin mittaustuloksiin.

5.3 Paahtoväriin vaihtuminen tuotevaihdossa

Kahvin tuotevaihdossa erityisesti tumma- ja vaaleapaahtoisten kahvien välillä värimittari saattaa hyväksyä tuotteen, vaikka laadunvarmistaja ei hyväksyisi. Näiden kahvien välillä on suurta kontrastiero, jolloin ihmissilmä voi analysoida kahvin ulkonäköä, kun taas värimittari antaa mitatun värin numeraalisena. Kahvi ei ole homogeenista, joten näytteen väri ei ole koskaan täysin tasainen, vaan seassa on aina hieman eri tummuudeltaan olevia partikkeleja.

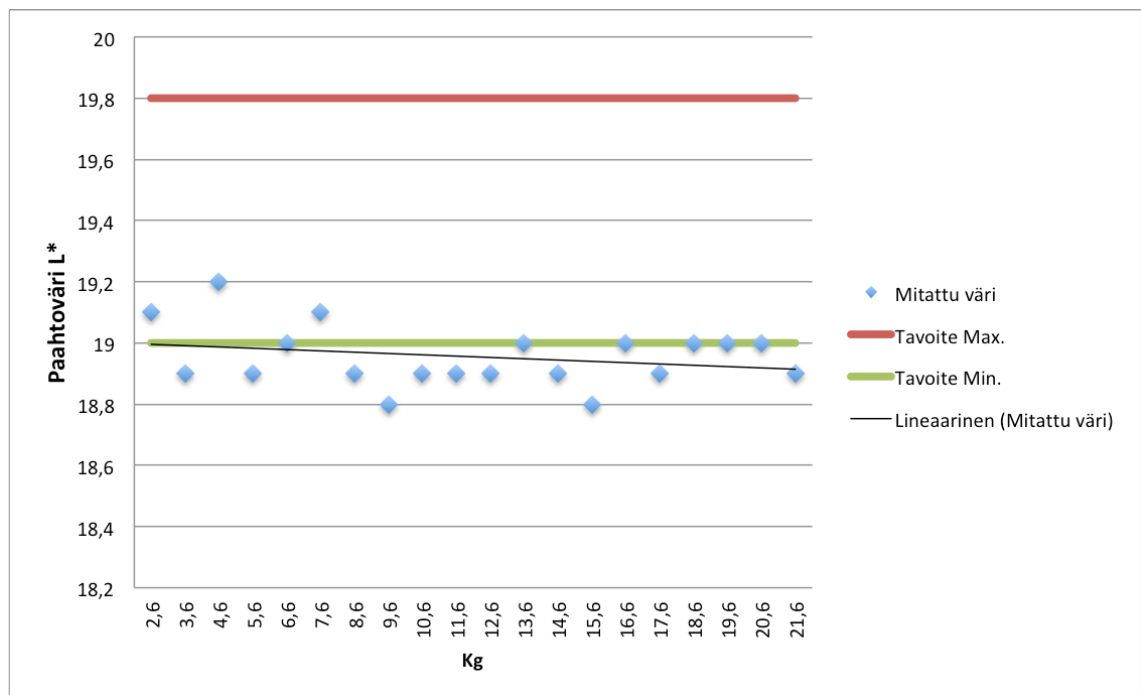
Eräässä tuotevaihdossa vaihdettaessa paahtoasteelta 1 paahtoasteelle 4 (Kuva 16) operaattori vei laadunvarmistukseen aloituspaketit, kun pakkauskoneelta oli ajettu kahvia 10,85 kg. Laadunvarmistaja ei hyväksynyt tuotetta sen ulkonäön kirjavuuden vuoksi. Kuvasta 17 voidaan huomata kahvin paahtoväriin olevan numeerisesti tavoitearvoissa jo ennen toimitettua näytettä, mutta lopullinen päätös on tehtävä kuitenkin ihmissilmään pohjautuen.



Kuva 16. Kahvin paahtoväriin L* muutos kilomäärän funktiona, tuotevaihdossa vaaleapaahtoislta tuotteelta (paahtoaste 1) tummapaahtoislle tuotteelle (paahtoaste 4).

Pakkauskoneen operaattori ajoi kahvia vielä 17 paketin verran, ja kahdesta viimeisestä paketista laatu tarkastettiin sekä hyväksyttiin. Pakkaus voitiin lopulta aloittaa kun kahvia oli ajettu 18,95 kg. Nykyisen ohjeistuksen mukaisesti vaaleapaahtoaiselta kahvilta siirryttäessä tummapaahtoaiselle tulisi ajaa kahvia hukkakahviksi noin 20 kg, joten kyseisessä tuotevaihdossa syntynyt hukkakahvi vastaa nykyistä ohjeistusta.

Jos pakkauskoneelle on jäänyt vaaleaa kahvia ja aloitetaan tummemman paahtovärin kahvin pakkaaminen, voi ajon alkaessa kahvin paahtoväri vaikuttaa tavoitevärien mukaiselta ja liian aikaisesta laaduntarkistuksesta voidaan saada virheellisiä tuloksia. Kuvan 17 mukaisessa tuotevaihdossa on vaihtunut vaalea paahtoasteen 1 kahvi hieman tummemmaksi paahtoasteen 2 kahviksi. Kyseisen paahtoasteen 2 kahvin ensimmäinen paahtoerä oli paahdettu hieman lopputuotteen tavoitearvoja tummemmaksi.



Kuva 17. Kahvin paahtoväri L* kilomäärän funktiona, tuotevaihdossa paahtoasteelta 1 paahtoasteelle 2.

Jos laaduntarkastus olisi tehty liian varhaisessa vaiheessa, olisi vaaleampi kahvi vaikuttanut mitattavaan paahtoväriin ja voinut näin antaa virheellistä informaatiota paahtovärin mittauksen perusteella. Kahvin paahtoväriä mitattiin ensimmäisistä paketeista, jolloin osa näytteistä oli mittauksissa tavoitearvojen mukaista ennen kuin kahvia oli kulunut 7,6 kg. Todennäköisesti sen jälkeisiin mittauksiin aikaisempi vaalea kahvi ei enää ole vaikutta-

nut, sillä kahvi ei ole enää ollut mittauksissa tavoitearvojen mukaista. Kahvi oli laadun-
tarkastuksessa liian tummaa, ja sitä ei hyväksytty.

Taulukossa 5 on kaikki tuotevaihdot, joista paahtoväriä on mitattu. Seitsemässä tuote-
vaihdosta kahvin paahtoväri on ollut paahtovärin puolesta tavoitearvojen mukainen jo
ennen ensimmäistä pakkauskoneesta saatua pakettia. Lopputarkastusvaa'an hylkäämis-
tä paketeista mitattiin väriä, mutta niiden perusteella ei voida tehdä luotettavia johtopää-
töksiä siitä, kuinka paljon kahvia on kulunut värin päästessä tavoitearvoihin. Sillä kuten
aikaisemmin työssä on jo mainittu, lopputarkastusvaaka pudottaa avonaisia paketteja
ämpäriin, jolloin kahvi voi päästä pakettien välillä sekoittumaan ja pakettien järjestystä
voidaan vain arvioida.

Taulukko 5. Tuotevaihdot joista väriä mitattiin (Tuotteet koodattu paahtoasteittain)

Kahvista (Paahtoaste)	Kahviin (Paahtoaste)	Lopputarkastusvaa'an hylkäämä (kg)	Väri (kg) rajoissa
1	5	9,5	9,5
5	3	2,6	4,1
3	1	0,8	2,3
1	2	2,2	-
2,5	1	1,0	5,5
3	3,5	1,7	4,9
3,5	1	1,8	6,3
4	3	6,7	6,7
3	1	17,1	17,1
1	4	0,8	2,9
4	3	2,2	2,2
3	1	1,4	4,9
1	1	0,4	0,4
1	2	3	3
1	1	7,9	7,9
1	4	2,4	6,4
4	3	1,8	2,3
3	1	1,3	1,8
1	3	1,3	5,8
1	5	1,9	4,7
1	3	2,2	6,7
3	1	1,5	5
2	3	1,9	2,4

Seuratuissa 28 tuotevaihdossa aloituksen laatu tarkastettiin, kun pakkauskoneilta oli
kulunut kahvia keskimäärin 14 kg. Kaikista seuratuista 28 tuotevaihdosta lopputarkas-
tusvaa'an hylkäämän määrän keskiarvo on 3,55 kg. Taulukossa 5 olevista tuotevaihdos-
ta, neljässä lopputarkastusvaaka on hylännyt enemmän kahvia kuin tavallisesti, eli yh-
teensä 6,7 kg, 7,9 kg, 9,5 kg sekä 17,1 kg. Tarkasteluun on otettu mukaan lopputarkas-
tusvaa'an hylkäämä määrä. Tästä voidaan huomata, että näissä tuotevaihdossa, joissa

kahvin väri on ollut hyväksyttävää ennen ensimmäistä pakettia, on mahdollista, että kahvi on ollut paahtoväriin puolesta tavoitearvossaan jo ennen kuin näyte on saatu.

Paahtoväriin mittausten perusteella näyttäisi siltä, että olemassa olevat suositukset hukkakahviksi ajettavasta määrästä voisivat olla pienempiä. Paahtoväriin mittauksissa ei myöskään ole havaittavissa selkeää kaavaa, joka puoltaisi nykyistä ohjeistusta hukkakahviksi ajettavasta määrästä. Eli hukkakahvia ajetaan noin 20 kg siirryttäessä vaalealta tuotteelta tummalle tai toisin päin, ja 10 kg siirryttäessä vaalealta tuotteelta vaalealle.

Kuitenkin näiden tuotevaihtoista tehtyjen paahtoväri mittauksen perusteella päätettiin, ettei tuotevaihdossa hukkakahviksi ajettavaa määrää ole syytä muuttaa. Kuten kuva 16 osoittaa, on kahvin ulkonäön arviointi myös merkittävä tekijä kahvilaatua hyväksyttäessä, ei ohjeistusta kannata muuttaa vain paahtoväriin mittauksiin perustuvalla tiedolla. Kuvan 17 perusteella voidaan päätellä, että on parempi ajaa kahvia pakkauskoneelta riittävästi ulos, ennen kuin kahvin väri kannattaa tarkastaa, jotta mitattavaan paahtoväriin ei vaikuta pakkauskoneella aikaisemmin ollut kahvi. Suurin osa tuotevaihtoista tapahtui pakkauskoneella K1, joten koneissa voi myös olla konekohtaisia eroja ja ohjeistus koskee yhteisesti kaikkia vakuumpakkauskoneita K1–K4.

5.4 Väri erotustesti

Kahvin värin erotustestejä tehtiin, sillä haluttiin kartoittaa mahdollisuutta värin visuaaliseen arviointiin. Kolmitestillä haluttiin saada selville, onko kahvin värissä silmällä havaittavaa eroa, kun näytteiden välillä on 0,5 asteen ero paahtoväriä L^* . Kolmitestin pohjalta havaittiin että 0,5 asteen ero paahtoväriin tummuudessa on silmillä nähtävissä testissä olleissa olosuhteissa. Testi tehtiin pakkaushallissa lisävalon kanssa. Testin pohjalta voitaisiin käyttää paahtoväriä 0,5 astetta eroavia näytteitä värin visuaalisen arvioinnin tueksi.

Toisessa kahvin väriin liittyvässä testissä arvioitiin tuotevaihdosta kerättyjen näytteiden ulkonäköä. Näytteet oli kerätty pakkauskoneelta tuotevaihdosta siirryttäessä vaaleapaahtoisen (paahtoaste 1) tummapaahtoiseen (paahtoaste 5). Näytteiden paahtovärit L^* Hunterlab-laitteistolla mitattuna olivat 15,07; 14,05; 13,8; 13,5; 13,12 ja 12,78, tummapaahtoisen kahvin referenssinäytteen väri oli 12,75 ja vaaleapaahtoisen kahvin referenssinäytteen väri oli 19,61. Näytteistä kaksi, eli 13,12 sekä 12,78, olivat tuotteen

tavoitearvojen perusteella hyväksyttäviä tuotteita. Vastauksia verrattiin lopputuotteiden paahtoväriin tavoitearvoihin.

Taulukossa 6. on esitetty vastausten jakautuminen eri näytteiden välillä. Testin teki 37 henkilöä, joista 31 valitsivat paahtoväriin puolesta hyväksyttävät näytteet. Kuusi henkilöä koki, että tuote, jonka väri oli 13,5, näytti riittävän hyvältä ulkonäön puolesta, että siitä kannattaisi tarkastaa paahtoväri värimittarilla.

Taulukko 6. Kuinka moni hyväksyisi tuotteen kyseisestä näytteestä eteenpäin.

Paahtovärit L*	Arvioijien lukumäärä
15,07	0
14,05	0
13,8	0
13,5	6
13,12	23
12,78	8

Kahvin paahtoväriin analysointia silmän avulla tarvitaan erityisesti juuri tämänkaltaisissa tuotevaihdossa, kun siirrytään kontrastierojen välillä. Kaikki arvioijat eivät valinneet tavoitearvojen perusteella hyväksyttävää tuotetta. 23 arvioitsijaa hyväksyisi tuotteen näytteestä 13,12 eteenpäin ja 8 hyväksyisi vasta näytteen, joka oli käytännössä saman värinen kuin referenssinäyte. Arvioinneissa oli siis eroja.

5.5 Jauhatuksen ja värin vaihtumisen vertaaminen

Jauhatusten partikkelijakaumaa mitattiin kahdeksasta tuotevaihdosta ja pyrittiin vertaamaan, vastaavatko tulokset mitatun värin kanssa tavoitearvoja. Taulukossa 7 on tuotteiden vaihdot, joista partikkelijakaumaa on mitattu. Taulukossa on ilmaistu, kuinka monta kilogrammaa kahvia on ajettu, kun tuotteen jauhatus on ollut tavoitearvossaan, sekä kuinka monta kilogrammaa on ajettu, kun kahvin väri on ollut tavoitearvossa.

Taulukko 7. Tuotevaihdot, joista partikkelijakaumaa mitattiin (tuotteet koodattu paahto- ja jauhatusasteittain)

Kahvista	Kahviin	Partikkelija- kauma vaihtu- nut (kg)	Väri vaih- tunut (kg)
Paahtoaste 3, MAN	Paahtoaste 3, AUT	1,75	1,75
Paahtoaste 3, AUT	Paahtoaste 1, SJ	2,3	2,3
Paahtoaste 4, AJ	Paahtoaste 3, SJ	7,2	7,7
Paahtoaste 4, SJ	Paahtoaste 3, CONT	6,7	2,7
Paahtoaste 3, CONT	Paahtoaste 1, SJ	3,9	4,9
Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 3, CONT	5,8	5,8
Paahtoaste 1, SJ	Paahtoaste 3, CONT	7,7	6,7
Paahtoaste 3, CONT	Paahtoaste 1, SJ	11	5

Taulukosta havaitaan kolmessa tuotevaihdossa jauhatuksen ja paahtovärin vaihtuneen samassa näytteessä. Kuudessa tuotevaihdossa paahtovärin sekä partikkelijakauman vaihtumisella näyttää olevan yhteys. Kahdessa tuotevaihdossa on useamman kilogramman ero partikkelijakauman sekä paahtovärin päästessä tavoitearvoihin. Näiden tulosten perusteella ei ole havaittavissa, mistä tulos johtuu. Erot voivat selittyä esimerkiksi, että myllyn valssiarvoja on säädetty jauhatuksen alussa.

5.6 Laaduntarkastuspiste tuotantotilassa

Tuotantotiloihin tehtiin laaduntarkastuspiste pakkauskoneiden operaattoreiden testattavaksi (Kuva 18). Laaduntarkastuspisteellä haluttiin helpottaa pakkauskoneen operaattorin tekemää arviointia alkavan tuotteen laadusta. Kahvin tuotevaihtojen avuksi laaduntarkastuspisteeltä vaaditaan erityisesti paahtovärin vertailuun sopivaa tapaa, jotta voidaan selvittää, onko tuote vaihtunut pakkauskoneella.



Kuva 18. Testissä oleva laaduntarkastuspiste.

Paahtoväriä voidaan mitata värimittarilla, joka antaa ihmissilmän kanssa korreloivan tuloksen mitatusta näytteestä [12]. Värimittauksesta saatuihin tuloksiin vaikuttaa mittaajan mittaustavan sekä mittalaitteesta johtuvan vaihtelun lisäksi kahvin heterogeenisyys. Jauhettu kahvi sisältää erikokoisia ja erimuotoisia partikkeleja sekä pieniä määriä kuorta [7]. Nämä kaikki vaikuttavat värimittarin antamaan tulokseen [12]. Värin mittaaminen kahvista vaatii toistettavaa toimintatapaa sekä luotettavia tuloksia haluttaessa mittaajalta vaaditaan harjaantuneisuutta värin mittaamiseen. Värimittariin vaikuttaa se, millainen mitattavan kahvin pinta on. Mitattavan kahvin pinta tulee olla tasainen, sillä näytteiden erilaiset pintarakenteet näyttäisivät erilaisilta [12]. Värimittari antaa numeraalisen tarkan tuloksen mitatusta näytteestä [12]. Värimittariin liikaa luotettaessa voidaan mahdollisesti tehdä vääriä hylkäämis- tai hyväksymispäätöksiä.

Värimittauksen tulisi olla toistettavampi, etenkin jos paahtoväriä mitattaisiin tuotannossa tuotevaihtoja tehdessä. Tuotevaihtoja usein keskitetään yhdelle pakkauskoneelle, kuten voidaan huomata tuotevaihtoista kerätyn aineiston keskittymisestä K1-pakkauskoneelle. Operaattoreita isoilla vakuumpakkauskoneilla on 32, joten kaikki operaattorit eivät työskentele näillä koneilla säännöllisesti. Jos värin mittaamiseen ei ole saanut riittävästi harjaantuneisuutta, on riski, että epäsäännöllinen värin mittaaminen johtaa mittaustekniikan kärsimiseen.

Mittausten tulisi olla niin luotettavia, että jokainen operaattori voisi tehdä mittauksen samalla tavalla. Tähän nykyinen malli sopii huonosti, sillä jo näytteen tasoittaminen mitta-astiaan saa aikaan eroja eri henkilöiden välillä [13]. Kun näyte tasoitetaan messinkivivaimella, välillä viivain aiheuttaa näytteen pintaan viirumaisen uran esimerkiksi kuljettaessaan kuorta näytteen pinnalta. Värimittauslaitteistojen mittausepävarmuus puoltaa sitä, että tuotevaihtojen yhteydessä väriä voitaisiin arvioida yhtä hyvin ihmissilmin.

Kolmitestissä saatujen tulosten pohjalta voitiin päätellä, että 0,5 L* astetta paahtoväriässä on havaittavissa. Tuloksen pohjalta päätettiin kerätä 0,5 L* asteen välein kahveista näytteitä, joiden avulla tuotevaihdossa kahvin väriä voitaisiin vertailla. Näytteiden väri mitattiin kolmeen kertaan saman mittaajan toimesta, jotta voitiin minimoida mittausvirhe. Näytteet pyrittiin keräämään siten, että ne olisivat samaa jauhatusta, jotta näytteet eroaisivat ulkoisesti vain paahtoväriin puolesta.

Tässä työssä ei pystytty tarkkailemaan, kauanko paahtoväriinäytteiden tummuus pysyy samana. Yrityksessä oli aikaisemmin tarkasteltu, kauanko paahtoväri pysyisi muuttumattomana ja oli tultu tulokseen, että näytteet keräävät pölyä ja muutoksia väriässä on noin neljän kuukauden päästä. Näytteitä tulisi siis uusia noin neljän kuukauden välein. Näytteiden uusiminen on helpointa tehdä asteittain, keräämällä laaduntarkistuksen yhteydessä sopivia näytteitä talteen ja vaihtaa näytteet samanaikaisesti.

Näytteille pyrittiin löytämään tuotantotiloihin sopivia kannellisia astioita, joista näytteitä voisi keskenään verrata. Näytteitä tulisi suojata pölyltä ja näytteet olisivat helpommin käsiteltävissä, jos paahtoväriä voisi verrata suoraan suljetun pussin tai kannen alta. Tuotantotiloihin ei saa viedä lasia, mutta astian tulisi olla lasin kirkas, mikäli näytteitä verrattaisiin kannen alta. Näytteitä vertailtiin pienissä kirkkaissa muovipulloissa, mutta ongelmaksi osoittautui kaarevan pinnan voimakas heijastavuus. Kirkas muovipussi vääristi väriä liikaa, ja kahvin rasva sekä pöly värjäisivät pussin pintaa. Näytteiden väriä vertailtiin muovisten kirkkaiden petrimaljojen läpi, mutta kannen kirkas pinta heikensi paahtoväriin vertailtavuutta, joten lopulta väriä päätettiin vertailla ilman kantta. Petrimaljoista paahtoväriä oli paras vertailla, sillä näytteellä oli riittävästi pinta-alaa ja kansi oli helposti irrotettavissa, mutta suojaisi näytettä pölyltä.

Kahvin jauhatustaste tulee myös tarkastaa pakkaamisen alkaessa. Jauhatuksen tarkistamiseksi testattiin jauhatusreferenssien käyttöä Minigrip-pussissa. Jauhetussa kahvissa on erikokoisia partikkeleita [7]. Ongelmaksi muodostui partikkelien epätasainen jakautu-

minen pussissa, sillä hienoimmat hiukkaset jäivät pussin sisäpintaan kiinni sekä näytteen päälle, kun taas karkeammat hiukkaset jakautuivat pussin keskiosaan.

Laaduntarkastuspisteelle tehtiin kirjallinen työohje, video-ohje ja yhteensä kahdeksalle aamu- ja iltavuoron operaattoreille opastettiin laaduntarkastuspisteen käyttö. Operaattorit totesivat, että värin vertaaminen kahvinäytteiden avulla onnistuu. Koettiin, että jauhatusererenssien vertaileminen ei onnistunut. Näytettä tunnusteltaessa pussista se tuntui sormissa liian hienolta. Tämän perusteella jauhatusererenssejä kerättiin myös petrimaljoille, joista näytettä voisi aistinvaraisesti arvioida.

5.7 Video-ohjeet laadunvalvonnan tueksi

Haastatteluista ilmeni, että haastatelluista 12 oli toiminut opastustehtävissä vakuumpakkauskoneilla K1–K4. Operaattorit kokivat, että video-ohjeet voisivat toimia erityisesti uusien työntekijöitä opastettaessa ja uusia työtapoja opeteltaessa. Video-ohjeiden etuna on, että niihin voi aina palata ja tarkastaa työtavan oikeaoppinen suorittaminen visuaalisesti. Työssä tehtiin video-ohjeita laadunvalvonnan tueksi.

Video-ohjeita tehtiin Witt Leak-Master Easy-vesitestausten menetelmän (Witt-Gasetechnik GmbH & Co KG, Saksa) käyttöön, saumojen tarkastukseen sekä kehitetyn laaduntarkastuspöydän käyttöön. Witt Leak-Master Easy-vesitestausten menetelmää ei ole ennen käytetty vakuumpakkauskoneiden K1-K4 laadunvalvonnan tukena, mutta se otettiin käyttöön, joten sille tehtiin video-ohje. Saumojen tarkastuksen ja Witt Leak-Master Easy-vesitesterin video-ohjeiden pohjana käytettiin näiden tuotannontyöohjeita. Videot editoitiin Dream Broker-työkalulla (Online Video Software Company, Suomi).

5.8 Virhelähteet

Lean Six Sigma Green Belt projektin tulosten perusteella kahvin paahtovärin mittaaminen on mahdollisesti virhelähde. Virhelähde syntyy mittauksesta johtuvasta vaihtelusta, joka voidaan jakaa mittaajasta johtuvaan sekä mittalaitteesta johtuvaan vaihteluun. Kahvi ei ole homogeenista, joten näytteestä johtuvaa vaihtelua tulee paahtoväriä mitattaessa. Mittaustuloksiin vaikuttaa kahvin erilaisten partikkelien jakautuminen mitta-alueella, esimerkiksi mitta-alueella voi olla paljon kahvin vaaleaa kuorta, ja näin tulos vääristyy.

Lisäksi värimittari kalibroidaan vuorokauden aikana säännöllisin väliajoin, joten näytteitä ei ole voitu mitata saman kalibroitisyklin sisällä.

Paahtoväriä mitattaessa lopputarkastusvaa'an hylkäämistä paketeista värin mittaus ei ole luotettavaa. Avonaiset paketit putoavat ämpäriin, jolloin kahvi pakettien välillä voi päästä sekoittumaan hieman keskenään. Lisäksi todellisuudessa paketeista ei voi tarkalleen tietää, mikä paketti on ajon ensimmäinen ja mikä viimeinen. Paketteja pudotessa paljon voidaan arvioida, että alimmat paketit ovat ensimmäisiä ja ämpärin pinnalla olevat viimeisiä, mutta jos ämpärissä on vain esimerkiksi neljä pakettia, jolloin kaikki paketit tippuvat pohjalle, on näistä mahdoton tehdä todellisia johtopäätöksiä, mikä paketeista on tippunut ensimmäisenä. Tästä syystä tuloksissa ei ole otettu huomioon lopputarkastusvaa'an hylkäämien pakettien kahvin paahtoväriä, joka vaikuttaa tuloksiin siten, ettei kaikista tuotevaihtoista ole saatu kerättyä näytteitä systemaattisesti.

Yksi virhelähde voi myös olla konekohtaiset erot. Suurin osa tuotevaihtoista tapahtui K1-pakkauslinjalla; K2- ja K3-linjoilta saatiin vain muutamasta tuotevaihdosta kerättyä dataa ja K4-linja ei ollut aineiston keruun aikana käytössä. Mikäli koneissa on konekohtaisia eroja, ei voida tietää ovatko K1-pakkauskoneen tuotevaihdot vertailukelpoisia esimerkiksi K4-pakkauskoneeseen. K4-pakkauskone on muista vakuumpakkauskoneista (K1–K3) eroavainen.

6 Päätelmät

Tässä insinööriyössä kehitettiin operaattoreiden suorittamaa laadunvalvontaa tuotevaihtoissa laaduntarkistuspisteen avulla, jossa operaattori voi tarkastaa kahvin värin visuaalisesti kahvin tuotevaihtoissa. Työssä selvitettiin nykyistä hukkakahvin määrää vakuumpakkauskoneiden tuotevaihtoissa. Tällä haluttiin selvittää, milloin kahvi on vakuumpakkauskoneella vaihtunut seuraavaksi tuotteeksi, jotta tiedettäisiin varmemmin niissä kuluvan kahvin määrä.

Seurattujen tuotevaihtojen pohjalta nykyinen ohjeistus hukkakahviksi ajettavasta kahvin määrästä voisi paahtovärimittausten perusteella olla pienempikin. Kaikkia isoja vakuumpakkauskoneita koskevaa ohjeistusta ei voida tulosten perusteella muuttaa, sillä tietoa ei saatu kerättyä yhtään K4-pakkauskoneelta ja K2- sekä K3-pakkauskoneilta tietoa tuotevaihtoista saatiin kerättyä vain hyvin vähän. Laaduntarkastuspistettä voidaan käyttää

tuotevaihtojen tukena, jotta laatua voidaan tarkastaa jo pakkaushallissa. Laaduntarkastuspisteen käyttö tuotantotiloissa voisi mahdollistaa liiallisen hukkakahvin ehkäisemisen tuotevaihtoja suoritettaessa.

Laadunvarmistuspisteen tulisi olla pakkauskoneella, jotta kynnys uuden opettelemiseen ja sen käyttämiseen pienenisi. Tällä hetkellä laaduntarkastuspiste sijaitsee liian kaukana pakkauskoneelta. Laadunvalvonnan lisääminen pakkauskoneella on parempi tehdä asteittain, kuin siirtyä suoraan operaattoreiden tekemään kahvin laaduntarkastukseen tuotevaihdossa. On parempi harjaantua kahvin ulkonäön silmämääräiseen arviointiin, ennen kuin pakkauskoneen operaattori joutuu tekemään aloituksessa kahvilaadun hyväksymisen. Näin voidaan vähentää virheen tekemisen pelkoa.

Tuotevaihdossa ilmeni pakkauskoneen operaattoreilla olevan erilaisia toimintatapoja. Tuotevaihtojen suorittamista voisi kehittää yhtenäistämällä työskentelytapoja esimerkiksi koulutuspäivillä tai standardisoiduilla työskentelytavoilla. Kun kaikki suorittavat tuotevaihdon lähes samalla tavalla, voidaan tuotevaihdosta saada luotettavampia ja varmempia tuloksia.

Laadunvarmistajat suorittavat yrityksessä laadun asiantuntijatehtäviä, joten laadunvarmistajan työtehtävään kuuluu virheiden syntymisen ehkäiseminen sekä mahdollisten virheiden löytäminen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Laatua saavutetaan optimimalla resursseja prosessissa tärkeimpiin kohtiin. [19.] Pakkauskoneelle saapuessaan tuotteen paahtoväri, aistinvaraiset ominaisuudet sekä kosteus on tarkastettu jo paahto-prosessin aikana ja jauhatu on tarkastettu jauhatusprosessin aikana. Mikäli voidaan tietää varmemmin pakkauskoneella tuotevaihdossa syntyvän hukkakahvin määrä, voidaan delegoida laadunvalvontaa pakkauskoneen operaattorin vastuulle. Tällöin laadun asiantuntijatehtäviä voidaan kohdentaa tärkeimpiin asioihin.

Lähteet

- 1 Pavusta kuppiin. Verkkodokumentti. <<https://www.paulig.fi/inspiroidu-opi/kaikki-kahvista/pavusta-kuppiin>>. Luettu 10.2.2018.
- 2 Varastoinnin logistiikka. Verkkodokumentti. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/aineistot/logistiikka-lukiolaisille/varastoinnin-logistiikka/>>. Luettu 10.2.2018.
- 3 Laadunvarmistus ja blendaus. Verkkodokumentti. <<https://www.paulig.fi/vastuullisuus/7-laadunvarmistus-ja-blendaaminen>>. Luettu 5.4.2018.
- 4 Smith, A.W. 1985. Introduction. Teoksessa Clarke, R.J. & Macrae, R. (ed.). Coffee Volume 1: Chemistry. London and New York: Elsevier applied science.
- 5 Clarke, R.J. & Vitzthum, O.G. (ed.). Coffee Recent Developments. Bodmin: Blackwell Science.
- 6 Kahvin paahtaminen ja jauhatus. Verkkodokumentti. <<https://www.paulig.fi/inspiroidu-opi/kaikki-kahvista/kahvin-paahtaminen-ja-jauhatus>>. Luettu 2.2.2018.
- 7 Illy, Andrea & Viani, Rinantonio. 2005. Espresso Coffee: The Science of Quality. London: Elsevier Academic Press. Second edition 2005.
- 8 Hoffmann, James. 2014. The world atlas of coffee: from beans to brewing – coffees explored, explained and enjoyed. Firefly Books Ltd: Canada. Fifth edition 2016.
- 9 Kahvin paahtaminen. Verkkodokumentti. <<http://www.kahvi.fi/pensaasta-paahtimoon/pavusta-pakkaukseen/kahvin-paahtaminen.html>>. Luettu 6.2.2018.
- 10 Kingston, Lani. 2015. Näin syntyy kahvi: Tiedettä pavusta. Suomentanut Miki Leivo. Like Kustannus Oy: Helsinki.
- 11 Vainikainen, Meriel. 2014. Paahdetusta kahvista vapautuvan hiilidioksidin mittaaminen kaasuntunnistusanalysointorilla. Opinnäytetyö, AMK. Metropolia ammattikorkeakoulu, biolääketiede, bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma.
- 12 Hunter Associates Laboratory, Inc. 2015. Color Theory. Verkkodokumentti. <<https://www.hunterlab.com/duplicate-of-basics-of-color-theory.pdf>>. Luettu 16.3.2018.

- 13 Oy Gustav Paulig Ab. 2014. Green Belt: Paahtovärin ennustettavuus. Verkkodokumentti yrityksen intranetistä.
<[https://pauliggroup.sharepoint.com/sites/projects/CD_Operations_Lean_projects/Six Sigma projects/Green Belt - paahtovärin ennustettavuus.pdf](https://pauliggroup.sharepoint.com/sites/projects/CD_Operations_Lean_projects/Six_Sigma_projects/Green_Belt_-_paahtovaerin_ennustettavuus.pdf)>. Luettu 9.2.2018.
- 14 Järvi-Kääriäinen, Terhen. & Ollila, Margareetta. 2007. Toimiva pakkaus. Hakapaino Oy: Helsinki.
- 15 Rothfos, Bernhard. 1986. Coffee consumption. Hamburg: GORDIAN-Max Rieck GmbH.
- 16 Kahvin jauhaminen. Verkkodokumentti. <<http://www.kahvi.fi/pensaasta-paahtimeen/pavusta-pakkaukseen/kahvin-jauhaminen.html>>. Luettu 15.2.2018.
- 17 Robert Bosch Packaging Technology GmbH. PKD BV. Verkkodokumentti.
<<http://www.boschpackaging.com/en/pa/products/industries/pd/product-detail/pkd-bv-11776.php?ind=1678&cp=3727&mt=14019&tg=17541>>. Luettu 1.2.2018.
- 18 Laadunvalvonta. 2005. Verkkodokumentti.
<<https://www.cs.helsinki.fi/u/taina/ohtu/k-2005/2luku8.pdf>>. Luettu 10.2.2018.
- 19 Huotari, Jouni. & Salmikangas, Esa. 2009. Laatu, laadunvarmistus ja riskien hallinta. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
<http://homes.jamk.fi/~huojo/opetus/IIZT4010/IIZT4010_10.pdf>. Luettu 10.2.2018.
- 20 Sympatec GmbH. 2017. Helos/Kr-Rodos-Vibri/R. Verkkodokumentti.
<<https://www.sympatec.com/en/particle-measurement/sensors/laser-diffraction/helos/helos-kr-rodos-vibri-r/>>. Luettu 16.3.2018.
- 21 Hosmed. Laserdiffraktio. Verkkodokumentti.
<<http://hosmed.fi/tuotteet/partikkelianalytiikka/laserdiffraktio/>> Luettu 16.3.2018.

Operaattoreiden kysymykset

Tavoitteena kartoittaa operaattoreiden omia mielipiteitä ja kehitysideoita koskien heidän suorittamaa laadunvalvontaa ja selvittää laadunvalvonnan nykytilaa. Kysely tapahtuu haastatteluna näiden kysymysten pohjalta, mutta haastateltavien nimiä ei kirjata ylös.

- Kuinka usein teet laadunvalvontaa? Mitä teet ja kuinka usein?
- Tiedätkö mistä löytyvät laadunvalvonnan ohjeet?
- Oletko tutustunut ohjeisiin? Olisiko ohjeissa parannettavaa?
- Koetko saaneesi riittävän hyvän perehdytyksen laadunvalvonnan toimenpiteisiin?
- Koetko jotkin tämänhetkisistä laadunvalvontamenetelmistä toimimattomaksi?
- Mikä on mielestäsi nykyisissä laadunvalvontamenetelmissä toimivaa?
- Koetko, että aikasi riittää tarvittavaan laadunvalvontaan muun työn ohella?
- Mitkä ovat mielestäsi suurimmat tekijät virheellisten pakkausten pääsyyn laadunvalvonnan läpi?
- Onko sinulla ideoita, miten nykyistä laadunvalvontaa saisi tehokkaammaksi?
- Voisiko laadunvalvontaa mielestäsi helpottaa jotenkin?
- Mikä on suurin haaste tämänhetkisessä laadunvalvonnassa?
- Jääkö laadunvalvontaa joskus tekemättä?
- Kaipaisitko jostakin laadunvalvonnantyövaiheesta video-ohjetta, mistä?
- Tuotevaihtoja tehtäessä, osaatko arvioida kuinka monta pakettia ajat ulos koneesta ennen laadunvarmisstuslaboratorioon vietäviä näytteitä? Entä vaihtelee ko määrä eri tilanteissa?
- Tarkasteletko silmämääräisesti kahvin väriä paketeista ennen kuin viet aloituspaketin laadunvarmistuslaboratorioon?
- Koetko että tuotevaihdot vievät aikaa?
- Ilmeneekö tuotevaihdossa joitakin ongelmia?
- Miten paljon kiinnität mikrovuotoihin huomiota tämänhetkisessä laadunvalvonnassa?
- Kiinnitätkö huomiota kovankoettajien toimintaan?
- Onko sinua ohjeistettu, miten kovankoettajien toimivuutta seurataan?